

A. hydr.
80
26.7

4° A. hydr. 80 ⁱ
(6/7

875

10-10-10

Vorträge
über
Seeufer- und Hafenbau.

In der Königlichen Bau - Akademie zu Berlin gehalten

von

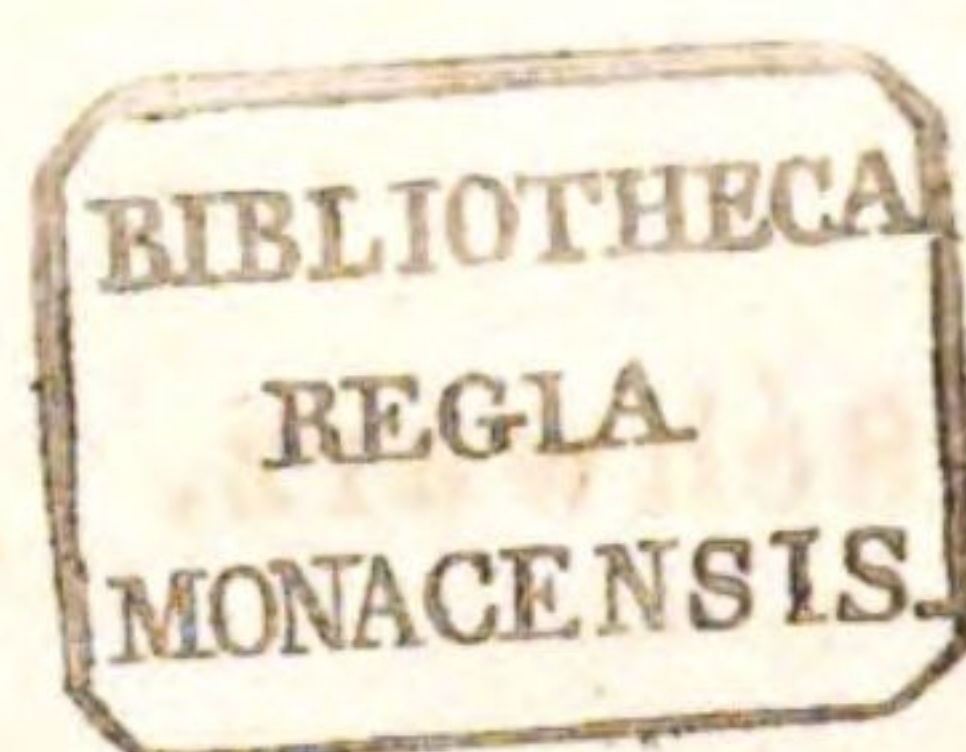
F. Schwarz,
Professor.

(Gedruckt für seine Zuhörer.)

~~~~~  
**Mit VIII Kupfertafeln.**  
~~~~~

Berlin,
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch - und Kunsthandlung.)
1865.

Sechster und Achtebinder



Seeuferbau.

Die Seeufer oder Küsten, welche die See (nämlich das Meer) nebst ihren verschiedenen Theilen begrenzen, theilweise steil und felsig, größern Theils aber flach (als Strand, welcher abwechselnd oft weit überschwemmt) sind in ihrem Verhalten gegen die See wesentlich abhängig: 1) von deren veränderlichem Stande, 2) von den Bewegungen derselben. Diese Beiden sind auch bei den verschiedenen Uferbauten maßgebend; während ferner die Seeschifffahrt von der Größe und Richtung der Wasserbewegung und ebenso des Windes, sowohl auf offener See wie an den Küsten abhängt, so sind die an den Küsten bestimmend für die Hafen-Anlagen u. s. w. Der Wasserstand des Meeres wechselt fortwährend durch die Fluth und Ebbe (während der der Flüsse sich nur mit ihrer Speisung in den verschiedenen Jahreszeiten ändert). Die weitere Bewegung des Meeres besteht: *a*) in Strömungen, *b*) in Wellenbewegung, die am Ufer zur Brandung wird. Ohne die Bewegung würde das Meerwasser, trotz seines Salzgehalts, schneller noch als das gewöhnliche (süße) Wasser in Fäulniß übergehen, wie dies Seefahrer an manchen Stellen bei Windstille erfahren; und danach, obgleich durch den Kreislauf der Verdunstung wieder Reinigung des Wassers, würde das Meer durch Verpestung die Erde unbewohnbar machen. Da die Tiefe des Meeres sehr beträchtlich ist (sie ist noch wenig bekannt, aber doch dahin, daß wie auf der Erde so unter Wasser große Berge und Thäler abwechseln), so stellt sich eine sehr große Masse des Meeres dar, die nun hinreichend und gründlich zu bewegen, die Anziehung des Mondes dient, während wohl andere Mittel zur Verhütung der Fäulniß nicht genügten; und dürfte hierin der Hauptzweck des Mondes bestehen.

Abgesehen von Fluth und Ebbe, so ist der Wasserstand überall constant (der Zufluß ist gleich der Verdunstung), und wegen der Axenumdrehung der Erde in der Oberfläche eines Sphäroids, da die verschiedenen Meerestheile mit einander communiciren (eingeschlossene Wasser, Landseen weichen davon ab); wobei nur geringe Erhöhungen da wo das Meer tief, weil hier die Anziehung der Erde schwächer, ferner an den Flußmündungen, wo der Zufluß beträchtlicher. Dieser gedachte Stand ist der mittlere des Meeres, worauf die Höhenmessungen der Erde bezogen werden. Winde etc. bringen darauf nur geringe Veränderung hervor.

Fluth und Ebbe sind das abwechselnde Steigen und Fallen des Meerwassers, die täglich 2 mal geschehen; selbige werden durch die Anziehung des Mondes und der Sonne, überwiegend des ersten, bewirkt; der Einfluß der übrigen Himmelskörper ist unmerklich. Gemäß dem Gesetz der Schwerkraft nämlich, wonach alle Körper einander anziehen, und zwar nach Verhältniß ihrer Masse und des umgekehrten Quadrats ihrer Entfernung werden die dem Monde zunächst liegenden Wassertheile

Fig 1. stärker angezogen als der feste Erdkern, und dieser stärker als die entgegengesetzt liegenden Wassertheile; deshalb erheben sich beide Wasser über den mittleren Stand, am höchsten die im Zenith und Nadir des Mondes, allmählig abnehmend bis ca. 45° davon, von wo ab zum Ersatz der Masse ein Zurückweichen unter den mittleren Stand, am tiefsten in 90° Entfernung erfolgt. Dies Steigen und Fallen folgt dem Mondlaufe, auf der Erdoberfläche von Osten nach Westen (so wie der Meeresstrom und der Wind unter den Wendekreisen, s. nachher); und kehrt genau in 1 Mondstage = circa 24 Stunden 49 Minuten zwei mal wieder (24 Stunden aus der Axenumdrehung der Erde, 49 Minuten aus der eignen Bewegung des Mondes). Der Zeitraum einer Fluth und Ebbe = 12 St. $24\frac{1}{2}$ M. wird genannt: Tide (in Holland, jetzt auch im Deutschen eingeführt, in England Tide [Zeit]). Es findet jedoch die directe volle Wirkung nur auf das offene Meer unter den Wendekreisen statt, wo die Fluth kurz nach der Culmination des Mondes eintritt; von hier pflanzt sich die Anschwellung als Fluthwelle, nicht Strömung, seitwärts fort, ähnlich wie: wenn ein Schiff im offenen ruhigen Wasser fährt, die Stauwelle vor dem Schiff sich seitwärts und zurückbleibend fortpflanzt. Dies geschieht bei der Trägheit des Wassers und durch die Küsten gehemmt, nur mit gewissen Geschwindigkeiten, so bis zum Eingang des Canals (Brest) in $1\frac{1}{2}$ Tage, von hier nördlich um England herum und zurück bis London in 1 Tag (wie sich aus dem Eintritt der Springfluthen ergibt); inzwischen folgen die Fluthwellen einander überall regelmässig (wie angegeben in 12 St. $24\frac{1}{2}$ M.) und heisst für einen bestimmten Ort die Zeit; von der Culmination des Mondes bis zur direct nächsten Fluth (nicht der eigentlich zugehörigen) die Hafenzeit; diese ist z. B. für Gibraltar = 0, Brest $3\frac{1}{2}$ Stunden, Calais 11 Stunden, London $2\frac{3}{4}$ Stunden, Hamburg 5 St. u. s. w. (Um eben so viel Stunden nach Mittag oder Mitternacht fällt zur Zeit des Neu- oder Vollmonds die hohe Fluth.) Nach den Polen zu findet ein constantes Zurückweichen des Wassers statt, wodurch die Abplattung der Erde unmerklich vermehrt ist; ausserdem pflanzt sich die veränderliche Fluthwelle von dem Aequator wohl bis nach den Polen fort.

Die Fluth und Ebbe, d. h. die Bewegung des Steigens und die des Fallens, sind wie eine Kreisbewegung in der Mitte am schnellsten, nach Anfang und Ende allmählig abnehmend, wo im Uebergang ein Stillstand von einigen Minuten ist. Beide dauern gleiche Zeit, jedoch bewirken Ortsverhältnisse constante, Stürme veränderliche Modificationen. Der höchste Stand des Wassers heisst hohe Fluth (besser Hochwasser), der niedrigste tiefste Ebbe (besser Niedrigwasser); beide sind vom mittleren Stande gleich weit entfernt. Der ganze Höhenunterschied beider heisst Intervall, Fluthhöhe, jetzt am gebräuchlichsten Fluthwechsel. Das Wachsen des Wassers geschieht nach den Ufern zu auflaufend mit unruhigen Wellen, wobei die Wasseroberfläche convex ist, das Fallen ist ruhiger (vom Ufer fort), wobei die Oberfläche concav.

Die Anziehung der Sonne verstärkt oder schwächt die Wirkung des Mondes, verrückt auch den Eintritt der Fluth um einige Minuten, je nach dem Stande beider Himmelskörper. Stehen beide mit der Erde in gleicher Linie, bei Neumond und Vollmond, so ist die Wirkung vereinigt und am stärksten: Springfluth; sind sie um 90° von einander entfernt, beim ersten und letzten Viertel, so ist die Wirkung

entgegengesetzt und am schwächsten: Nippfluth; beide treten nur unter den Wendekreisen sogleich, sonst verspätet ein (s. oben).

Zwar ist die Anziehung der Sonne auf die ganze Erde ca. 180 mal größer als die des Mondes; es kommt hier aber nur der Unterschied der Anziehungen auf die näheren und entfernteren Punkte der Erdoberfläche in Betracht; in diesem Sinne ist der Einfluss des Mondes, wegen dessen Nähe, bedeutender als der der Sonne: im Mittel nach dem Verhältniss von $5 : 2$, wonach sich die größten zu den kleinsten Fluthhöhen wie $(5 + 2) : (5 - 2) = 7 : 3$ verhalten. Genauer und nach den verschiedenen Entfernungen beider Himmelskörper von der Erde, sind die größte, mittlere und kleinste Wirkung:

	Erdnähe	Mittel	Erdferne
des Mondes wie:	59	50	43
der Sonne wie:	21	20	19

wonach die Fluthhöhen wie $(59 + 21) : (43 - 21) = 80 : 22$, also fast um das Vierfache verschieden sein können.

Die Wirkungen ändern sich ferner nach der Lage der Erdaxe, und sind sie um so größer, je näher Sonne und Mond dem Aequator; danach ist die Aequinoctial-Springfluth am größten, die Solstitial-Nippfluth am kleinsten.

Die angegebene Kraft von Mond und Sonne äußert sich nach der Localität des Wassers verschieden, auf kleinere eingeschlossene Wasser ist die Wirkung gering, sie können auch nicht frei folgen (kein Ersatz), daher haben Landseen, ferner das schwarze Meer und selbst die Ostsee keine, das mittelländische Meer nur geringe Fluth und Ebbe. Ferner sind die letztern unter den Wendekreisen am größten und verschwinden allmählig abnehmend in den Polargegenden. Die Wirkung im großen Ocean ist oben angegeben; von hier theilt sich die Fluth mit: wenig ins mittelländische Meer, die dortige eigne geringe Fluth verstärkend, in die Nordsee durch den Canal und am stärksten um England herum, unmerklich in die Ostsee (nach Verhältniss der Mündungen). Endlich bewirken Lage und Gestalt der Küsten und Inseln wesentliche Modificationen; der Rechnung nach sollte die mittlere Fluthhöhe nur ca. 3 Fuß betragen, diese findet sich auch in dem großen Stillen Ocean, dagegen auf der nördlichen Erdhälfte wegen des vielen Festlandes theilweis viel beträchtlichere Fluthhöhen eintreten. Die Fluthwelle läuft nämlich bei entgegenstehendem Land höher an (so in Meerbusen), wird in Engen zusammengedrängt, wo sich zwei Wellen begegnen, verstärken sie sich u. s. w.; weshalb auch an manchen Orten kein regelmäßiges Steigen und Fallen, und wohl in 1 Tide noch eine kleinere Fluth; umgekehrt wird das Wasser mehr (und schneller) fortgenommen. Demnach beträgt der Fluthwechsel bei gewöhnlicher Springfluth: an den Westküsten von Spanien, Frankreich und England 15—20 Fuß, im Canal von Brest bis Calais mindestens 18 Fuß, im Busen von St. Malo aber bis 45 Fuß (wegen der entgegenstehenden Küste), ebenso im Busen von Bristol. Nach Durchfluß durch den Canal zwar sich verbreitend, aber wegen der um England herumkommenden Welle nur wenig abnehmend, an den Nordseeküsten durchschnittlich 15 Fuß, an Nordholland selbst 20 Fuß; aber bei weiterm Lauf abnehmend: in der Themsemündung 12, bei Amsterdam 7, bei Rotterdam 1, Jahdebusen $12\frac{3}{4}$, Bremerhafen 9, bei Hamburg noch

10 Fuß. In der Ostsee ist die regelmässige Fluth = 0, im mittelländischen Meer $1\frac{1}{2}$ —3 Fuß, bei Venedig 3, an der Ostküste der vereinigten Staaten von Nordamerika ca. 5, bei Boston bis 10 Fuß.

Die nach dem Bisherigen regelmässig (und periodisch) wiederkehrenden Fluthen sind für jeden namhaften Ort durch Berechnung und Tabellen bekannt, hierbei legt man aber nicht den mittl. Wasserstand (Mitte zwischen Fluth und Ebbe) zu Grunde, sondern das ord. Hochwasser (auch gewöhnliche, mittlere oder tägliche Hochfluth genannt) d. i. der Durchschnitt aller Hochfluthen des Jahres; wozu der mittl. Fluthwechsel eine constante Grösse; und giebt von dieser Basis des ord. Hochwassers die abweichenden Hochwasser der verschiedenen Zeiten (der Springfluthen etc.) an. Ausserdem aber werden die Gewässer durch Wind und Sturm zugetrieben oder zurückgehalten, besonders in Bezug auf die Küsten; im ersten Fall entstehen die unregelmässigen Sturmfluthen, indem die Wirkung des Sturms die regelmässigen Fluthen verstärkt und in ihrer Zeit verändert, auch durch den gleichzeitigen Sturm und Wellenschlag um so gefährlicher macht; für einander weit gegenüber liegende Küsten wird ein Sturm, der gegen die eine gerichtet, hier die Fluth erhöhen, an der andern erniedrigen. In den Gewässern, die keine regelmässige Fluth und Ebbe haben, treten ebenso mehr oder weniger starke Sturmfluthen ein, z. B. in der Ostsee bis 4 Fuß. Für beide Fälle, die die gewöhnlichen Verhältnisse durchaus verändern können, sind Vorausbestimmungen unmöglich, und kann man nur nach langjähriger Erfahrung die Höhe der allerstärksten Fluth hemerken; für die Nordseeküsten Deutschlands z. B. die der Jahre 1717, 1756 und 1825, welche 13 bis $13\frac{1}{2}$ Fuß über der ordinären Fluth waren.

Wie für das Verhalten der Ufer allgemein die Kenntniss der Fluthverhältnisse, der Höhen, Zeiten (ausserdem der Bewegungen, wovon nachher) nöthig, so müssen 1) die Bauwerke, welche mit der Fluth und Ebbe in Berührung kommen, demgemäss eingerichtet werden (wie die an Flüssen nach deren veränderlichem Wasserstand); so die Höhe der Uferbefestigungen, Mauern, Dämme, Hafen-Anlagen und Bauwerke, Deiche, wovon wiederum ihre Stärke abhängt (sie müssen die höchste Fluth überragen oder können zuweilen niedriger sein; ausserdem ist der Wasserstoss maassgebend); ferner die Construction, falls Holzwerk (Roste etc.), immer unter Wasser (unter der niedrigsten Ebbe) bleiben muss; ferner die Anordnung des Zwecks wegen, bei Schleusen, Bassins, Docks, Spülungs-Einrichtungen.

2) sind die Höhen und Zeiten der Fluth und Ebbe für die Bau-Ausführung maassgebend, wegen Einrichtung der Fangdämme und der Wasserschöpfung, wegen der Arbeitszeit und der ganzen Disposition der Bauarbeiten.

Der Wechsel des Wasserstandes wird nutzbar gemacht: bei den Hafenbassins, worin während der äussern Ebbe ein höherer Wasserstand erhalten, so dass die Schiffe flott bleiben, umgekehrt bei den Schiffsdocken; ferner bei den Spülungs-Einrichtungen der Häfen etc., ebenso beim Spülen von Abzugskanälen in Städten (z. B. London, weniger wirksam in Hamburg). Demnächst bei den Fluthmühlen; und könnte in ähnlicher Weise noch manche andere Benutzung Statt finden; jedoch von der enormen bewegenden Kraft, die durch Fluth und Ebbe fortwährend aufgehäuft wird, ist bisher nur ein unmerklicher Theil nutzbar gemacht worden.

Strömungen. Im Bisherigen ist nur von der Veränderung des Wasserstandes und der Fluthwelle die Rede gewesen. Durch die Fluth und Ebbe wird aber auch eine Strömung des Wassers erzeugt, ganz verschieden von der Fluthwelle und deren Richtung, die nicht in einem Fortschreiten der Wassertheilchen besteht. Die von Osten nach Westen fortschreitende Fluth zunächst unter den Wendekreisen bewirkt nämlich nach derselben Richtung ein Nachströmen des Wassers mit einer Geschwindigkeit, die sich zum Fortschreiten der Fluth verhält, wie die Fluthhöhe zur Meerestiefe (jene Geschw. ist ca. 1 Meile p. Stunde, also würde für 3 Fuß mittl. Fluthhöhe die Meerestiefe sein $= 3 \text{ Fuß } \frac{5400}{24\frac{1}{2}} = \text{ca. } 650 \text{ Fuß}$).

Wäre der Raum frei, überall Wasser, so würde diese Strömung regelmäfsig dem Mondlauf folgen; in der Wirklichkeit trifft aber der Strom auf festes Land, weicht vor diesem seitwärts aus und fließt in weiterer Entfernung entgegengesetzt, dann zurück nach dem Hauptstrom, um das abgeflossene Wasser zu ersetzen. So läuft der große Ost- oder Aequatorialstrom von Guinea (Afrika) nach Westindien, theilt sich hier südlich und nördlich, bildet nördlich den Golfstrom längs der Küste Amerikas bis Neufundland, wendet sich dann östlich nach Europa und fließt von hier nach Afrika zurück; Aehnliches in den andern Meeren.

Dies scheint die naturgemäße Erklärung des Meeresstroms, obgleich nirgends also mitgetheilt. Es werden dafür verschiedene andere Ursachen angegeben, nämlich das Zurückbleiben des Wassers beim Umschwung der Erde, welches aber nicht stattfindet, ferner die ungleiche Erwärmung des Wassers, wonach das warme vom Aequator nach den Polen, das kalte und das Eis umgekehrt von den Polen her fließt; dies ist nicht naturgemäfs und durch Temperaturwechsel nur geringe Bewegung; endlich der Ostwind, der aber nichts anderes ist als Fluth der Luft und durch Mittheilung daselbe aber viel schwächer (oberflächlich) bewirkend wie direct die Fluth des Wassers.

Die gedachte Hauptströmung theilt sich auch den entfernten Gewässern mit, durch die Localverhältnisse mannichfach modificirt; durch Erweiterung und Verengung wird die Geschwindigkeit geändert, die Strömung wird abgelenkt, gespalten, zusammengedrängt und erzeugt sich, vielleicht weit entfernt, als Ersatz ein Zurückfließen; durch die Unebenheiten, Vor- und Rücksprünge des Bettes und Ufers, durch Inseln etc. werden Ablenkung, Stau, Gegenstrom, Winkel erzeugt, um so beträchtlicher, je größer die Geschwindigkeit; ferner Bewegung durch Temperaturwechsel. Auch treffen verschiedene Ströme zusammen, die sich verstärken oder schwächen, ferner in verschiedener Tiefe, selbst entgegengesetzt fortgehen.

Mit solchen Wirkungen verbinden sich noch die Strömungen der ausmündenden Flüsse, ferner die durch Wind bewirkte Bewegung in der Oberfläche (abgesehen vom Wellenschlag); so geht in der Ostsee wegen des bedeutenden Zuflusses aus dem Finnischen und Bothnischen Meerbusen (besonders Newa) eine beständige Strömung längs der schwedischen Küste und Ausfluß aus dem Sund, dagegen durch die äußere Fluth und die herrschenden Nordwestwinde veränderliche Strömung von Westen längs der preussischen Küste. Im mittelländischen Meere, das Zufluß bedarf, geht eine beständige Strömung durch die Straße von Gibraltar von West

nach Ost, nach gleicher Richtung längs der Küsten Afrikas, entgegengesetzt aber längs der Küsten Europas und unter jener durch die Straße von Gibraltar zurück.

Die Strömungen nehmen nach Höhe und Breite oft nur einen Theil des Wasserquerschnitts ein, seitwärts allmählig abnehmend, anders wie bei den Flüssen, die sich im ganzen Profil bewegen; doch haben sie auch am Boden, besonders an den Ufern, sich ein Bett, eine Stromrinne gebildet. Manche dieser Ströme sind periodisch, selbst veränderlich, wogegen die Hauptströme beständig.

Außer ihnen und damit sich vereinigend sind besonders für die Küsten wichtig Fig. 3. die wechselnden Strömungen, welche durch die auflaufende Fluth und die zurückweichende Ebbe bewirkt werden; beide gehen im Allgemeinen längs des Ufers unabhängig vom Wellenschlag, der Fluthstrom nach der einen Richtung, wobei das Wasser sich nahe normal auf den Strand mittheilt, wellenförmig, Querschnitt des Stroms convex; der Ebbestrom nach entgegengesetzter Richtung, wobei das Wasser normal vom Strande zurückweicht, ruhiger, Querschnitt des Stroms concav. Beide sind wieder in der Mitte ihrer Dauer am stärksten, gewöhnlich mit 4—8 Fuß Geschw., im Wechsel einiger Stillstand, und tritt dieser Wechsel etwas später als der Wechsel der Fluth und Ebbe ein. Beide haben sich Betten (Stromrinnen) gebildet, gewöhnlich gemeinschaftlich (worin vor und zurück), oder das Ufer entsprechend gestaltet, wobei indeß die Wellen (des Windes) mitwirkend (der flache Strand).

Die Localverhältnisse bringen indeß wieder Modifikationen hervor; öfters gehen beide Ströme abweichend und entfernt vom Ufer, so daß an diesem, abgesehen von den Wellen, keine Strömung; in Meerbusen und weiten Flußmündungen geht häufig der Fluthstrom auf der einen, der Ebbestrom auf der andern Seite entlang (Jahdebusen). Im Allgemeinen geht an den Westküsten von Spanien, Frankreich und England der Fluthstrom von Süd nach Nord, der Ebbestrom von Nord nach Süd; im Kanal und an den Küsten Hollands und Deutschlands geht der Fluthstrom von West nach Ost, der Ebbestrom von Ost nach West.

Die Kenntniß der verschiedenen Meeresströme, die allein durch Beobachtung erlangt wird, ist bei den Uferbauten und Hafen-Anlagen nöthig, wegen des Wasserangriffs, der Bewegung der Sinkstoffe, der Schifffahrt. Durch Anlage eines neuen Werks wird öfters eine Veränderung bewirkt, die vorher nicht zu ermessen (ebenso wegen der Wellen).

In Meerengen, engen Meerbusen etc. theilt sich die Fluth einfließend mit. Fig. 4a. Wenn über einem beliebigen (etwa tiefsten) Stande (1) das Meer wächst, so wirkt in einem betr. Querschnitt A , sowohl die Druckhöhe a auf das untere Profil zum Fließen, wie durch a selbst mit dem Gefälle freies Einfließen ist (2); nach der Größe des Binnenraums und dem Verhältniß derselben zur Mündung A , ferner der Zeit des Steigens a , würde es möglich sein, die Bewegung und das verschiedentliche Gefälle anzugeben. Gegen den höchsten Stand wird das Steigen langsamer, die Oberfläche des Binnenwassers (die nicht gradlinigt) flacher (3), und nachher während des Wechsels vom Steigen zum Fallen noch flacher (4), jedoch nie genau horizontal, um so weniger, je weiter der Raum; je größer der Binnenraum im Verhältniß zur

Mündung, um so mehr bleibt der Stand einer entferntern Stelle unter dem Stand des äufsern Meeres, obgleich mehr Wasser einfließt. Beim Fallen sinkt zuerst der vordere Theil (5), herausfließend, während wohl weiterhin noch binnenwärts fließt; erstes zunehmend (6), hinterwärts flacher werdend, bis hier das Fließen aufhört und ganzes Gefälle gegen die Mündung wird (7), dieß, herausfließend, wieder flacher bis zum tiefsten Stand und Wechsel zum Wachsen (8), jedoch gleichfalls (wie 4) nie horizontal. Fig. 4 b.

Es ist also bei beiden Wechselln, wo außerhalb Stillstand, in der Mündung fortwährendes Fließen. So bleibt die Zuidersee (in Holland) bei ihrer großen Ausdehnung um $\frac{1}{4}$ der Fluthhöhe niedriger als der höchste Stand der Nordsee, und um $\frac{1}{4}$ höher als deren tiefer Stand; und es findet durch die verbindende Meerenge Marsdiep eine fortwährend starke, fast plötzlich wechselnde Strömung statt (Fluth- und Ebbestrom), große Wassertiefe erhaltend.

Der Stand des Meeres selbst und die Fluthhöhe wird bei dessen unbegrenzter Ausdehnung durch den Ab- und Zufluß einer Mündung nie geändert; dies wäre nur, wenn eine ausgedehnte Küste, vor welcher sich die Fluthwelle staut, fortfließe. Ferner, wenn die Fluth frei über eine ausgedehnte Niederung tritt, fast so hoch als das offene Meer, wird durch einen Einbau binnenwärts die Fluthhöhe davor nicht vergrößert, nur das Wasser dahinter vermindert; dagegen wenn eine äußere Mündung (wie oben), wird durch Beschränkung des Binnenraums dessen Wasserhöhe vergrößert.

In Flußmündungen werden die Fluthverhältnisse durch die herabkommende Wassermenge des Flusses modificirt, der gegenseits gestaut wird.

Wäre eine Flußmündung unabhängig vom Meere, so würde die Oberfläche des Flusses wie im sonstigen Lauf sein, aber vom Meere aufgehalten und verzögert, müssen größere Querschnitte zur Abführung der Wassermenge sein, daher höhere Oberfläche mit flachem, auslaufendem Gefälle, entsprechend der geringern Geschwindigkeit; dies (1) dauernd, wo keine Fluth und Ebbe, jedoch bei dem verzögerten Laufe Versandungen, wodurch allmälige Veränderung (s. Flußbau). Fig. 5 a.

Wenn nun Erhebung der äußeren Fluth, strebt diese flußaufwärts zu fließen (2), zunehmend (3), ähnlich wie in Meerengen (s. oben), wogegen hier aber die Wassermenge des Flusses wirksam; es wird an einer Stelle *B* das Gefälle = 0, nach beiden Seiten ansteigend, hier begegnet und staut sich durchschnittlich das beiderseitige Wasser, Geschwindigkeit = 0. Diese Stelle *B* ist verschieden, sie kommt um so weiter flußaufwärts, je beträchtlicher das Meerwasser, (also Mündung und Fluthhöhe wie oben), und je geringer das Fluthgefälle (das mit dessen Speisung verschieden); nur wenn der Fluß ganz überwiegend, würde die Stelle nahe dem Meere (und abwärts) sein. Bis hierher strömt das Wasser also wirklich flußaufwärts, jedoch ist die Stelle in 1 Tide veränderlich, um so weiter flußauf je überwiegender das Meerwasser. Demnächst erhöht sich der beiderseitige Wasserstand weiter, auch nachdem der höchste äußere Stand eingetreten (4), und pflanzt sich die Erhöhung als Stau weit flußaufwärts fort, gleichsam in langer zunehmender Welle, oft scheinbar zurückfließend. Fällt das Meer, so sinkt wieder erst der vordere Theil (5), wobei anfangs noch das Einfließen *B*, dann zunehmend (6), Fig. 5 b.

wobei noch Stau nach aufwärts, bis im letztern Stillstand, gleichmäßiges Gefälle (7), und nachdem das Einfließen bereits aufgehört, nun alles zurückgehaltene Wasser etc. abfließt, zunehmend bis (8) niedrigster äußerer Stand, und noch tieferer (9), der Stau (Stauwelle) zurückweichend bis = 1.

Die gedachte Stauwelle wird gewöhnlich Fluthwelle genannt, was weniger gut sein dürfte, überhaupt dürfte also zu unterscheiden sein als durch die Fluth und Ebbe hervorgebracht:

- 1) Fluth und Ebbe,
- 2) Fluthwelle,
- 3) Meeresströmung,
- 4) Fluth- und Ebbestrom,
- 5) Fluthstauwelle.

Der Fluthstau ist gleichfalls um so beträchtlicher, höher und weiter flussaufwärts, je überwiegender das Meerwasser (also Mündung und Fluthhöhe, auch Fluftiefe), ferner je geringer das Flußgefälle; so reichte früher der Stau in der Weser bis über Bremen hinauf, jetzt nicht mehr wegen Versandung der Wesermündung; im Amazonenfluß (mit geringem Gefälle) reicht der Stau 120 Meilen hinauf. Die Stauhöhe (hier wohl Fluthhöhe genannt) nimmt flussaufwärts bis 0 ab, auch ist die Zeit der eintretenden größten Höhe (die Hafenzeit) wegen der Fortbewegung entsprechend später als an der Mündung. Die Zeit des Zurückweichens dauert länger als des Anschwellens, oder die Stauwelle läuft schneller flussauf als flussab, weil allgemein die abfließende Wassermenge größer ist als die eingeflossene; in diesem Stau ist nirgends Beharrungsstand, wie etwa bei einem Wehr in der Hydraulik berechnet ist.

Die vordere Strecke, auf welche bei der Fluth das Wasser wirklich zurückfließt, ist wie angegeben in den Grenzen veränderlich; die äußerste Grenze flussaufwärts wollen wir Seegrenze nennen; bis zu ihr gelangt durchschnittlich das salzige Seewasser, das indessen wegen seines größern Gewichts am Boden weiter flussaufwärts, das Flußwasser in der Oberfläche weiter flussabwärts sich erstreckt; bis hierher reichen ungefähr auch die größern Meereswellen, und dürfte man sonach hier die Grenze zwischen den See- und Flußbauten (so der See- und Flußhäfen) annehmen können.

In der Region des abwechselnden Zurückfließens und Langsamfließens treten bei gewöhnlicher Fluftiefe besonders die lästigen Versandungen ein (s. das wegen der Elbe bei Hamburg Gesagte); auch fließen hier die Eisschollen hin und zurück, der Schifffahrt gefährlich, jedoch mit geringer Gefahr wegen Eisstopfung, wegen des wechselnden Wasserstandes, auch weil das Eis mürbe und der Fluß breit ist.

Wellenbewegung.

Wenn in einem ruhigen Wasser ein Theil durch eine vertikale Kraft gestossen wird, so weicht dessen Oberfläche nieder und erhebt einen Streifen umher; dann sinkt dieser zurück bis unter den ruhigen Stand, erhebt die vorige Vertiefung und zugleich einen neuen Streifen auf seiner andern Seite u. s. w. Dies ist die allmähig

fortschreitende eigentliche Wellenbewegung, wobei das Wasser nur scheinbar, nicht wirklich fortfließt (wie sich an einem schwimmenden Körper zeigt, auf den der Wind nicht wirkt); vielmehr werden nur einige Wassertheilchen, nach Verhältniß der Gröfse der Welle zur Wassertiefe, hin und her bewegt.

In der Wirklichkeit, auf Seen, Flüssen und besonders dem Meere, wird die Wellenbewegung hauptsächlich durch den Wind hervorgebracht, indem dessen verticale Seitenkraft auf einzelne Punkte der Wasseroberfläche stößt. Die Gröfse der Wellen, ihre Höhe und Breite (nach der Richtung des Fortschreitens) wächst 1) mit der Stärke des Windes und 2) mit der Ausdehnung und Tiefe des Wassers; ihre Aufeinanderfolge, bei blos verticalem Stoß, ist aber wegen der Trägheit und wie bei der Pendelbewegung umgekehrt langsamer (bei flachem Wasser pflanzt sich der Druck bis unten in kürzerer Zeit fort, und die Wellen bilden sich schneller, ohne zu einer großen Zeit zu haben). Jedoch wirkt der Wind zugleich wesentlich mit einer horizontalen Kraft, wodurch das Fortschreiten beschleunigt wird; hiernach ist auch die Wellenbewegung nicht kreisförmig wie bei blos verticalem Stoß, sondern vorzugsweise nach der Richtung des Windes, sehr gering entgegengesetzt; doch bewirken Ortsverhältnisse an den Küsten Abweichungen. Die stärksten Wellen auf offenem Meere haben ca. 15 Fuß Höhe, höchstens 30 Fuß ($7\frac{1}{2}$ Fuß über dem ruhigen Stand) und 60 Fuß Geschw. Indem der Wind fortwährend auf die Wellenthäler stößt, könnten sich zunehmend die Wellen viel mehr vergrößern; aber der Wind drückt zugleich die Wellenberge nieder, wodurch die Schwungbewegung gestört wird; so finden auch die stärksten Wellen statt, nachdem sich der Sturm gelegt, wonach sich die Wellen ungestört, als hohle See, bilden. Der Druck pflanzt sich wohl auf die ganze Wassertiefe mit, aber die Bewegung der Wassertheile nimmt von der Oberfläche aus schnell ab; bei einer Tiefe unter dem Wellenthale, die gleich der Wellenhöhe, ist sie schon unmerklich, wie man an Sandbänken, Steinschüttungen etc. bemerkt.

Uebrigens treibt der Wind, indem er horizontal gegen den Rücken der Wellen drückt, auch das Wasser wirklich fort und bewirkt allerdings einige Strömung in der Oberfläche, wie sich an den Ufern zeigt. Stößt der Wind die Gipfel der Wellen heftig, so schlagen sie über und schäumen, durch die eingeschlossene Luft; dies ist überhaupt der Fall, wenn durch die verschiedenen Kräfte, Strömung, Wind, der Fuß und der Gipfel verschiedene Geschw.; so auf Flüssen, wenn der Wind stromauf. Die Wellen verändern sich mannigfach unter einander schon durch Wind; sie durchkreuzen sich, wodurch Verstärkung, kleine laufen über große hin; sie zerreißen und bilden kurze Wellen (so in der Ostsee, Busen und Flußmündungen), die weniger ruhig und regelmäfsig wogend, mehr stösend und gefährlicher. (Gefährliche Schifffahrt in der Ostsee.) Besonders entstehen an den verschiedenen Hindernissen des Bettes und des Ufers durch Ablenken, Unterbrechen, Zurückwallen, ferner in Verbindung mit den Meeresströmen und der Fluth die mannigfachsten Bewegungen. An jedem Hinderniß wird die Entwicklung der Welle unterbrochen und von ihrer Kraft abgegeben; und über Gegenstände, die beträchtlich tiefer als die Wellenbewegung, schon eine merkliche Reaction. Wellen, die sich aus tiefem Wasser in flaches fortsetzen, werden dadurch aufgehalten und durch

Fig. 7. die folgenden Wellen gedrängt, höher getrieben. Aehnlich auf dem Strand, wo die Wellenbewegung bis auf den Grund; hier unterbrochen, so daß das Wasser horizontal fortgetrieben mit Geschw. = der der Wellen + der durch die Wellenhöhe als Druckhöhe erzeugten. Jedoch noch ruhig auf- und sprudelnd zurücklaufend, je kleiner die Wellen und je flacher und ebener der Strand. Stärkere Wellen aber auf

Fig. 8. den Strand laufend, besonders wenn hier zugleich uneben, erheben sich höher und unten verzögert, oben getrieben, werden sie nach dem Lande steiler, stürzen über und zerplatzen schäumend; ihr Wasser läuft noch eine Strecke weiter sprudelnd den Strand hinauf, dann zurück und gegen eine folgende Welle schlagend, wodurch diese gestaut, unten verzögert, oben übergestürzt wird etc. Dies heißt die Brandung, das Zerschlagen der Wellen, die der Schifffahrt so gefährlich (das Schiff hin und her schlagend, ohne daß Anlanden möglich, Oel soll beruhigen) und die das Material des Ufers losreißt und hin und her wirft (oft entsteht dadurch plötzlich eine Sandbank nahe dem Ufer). Die Wellen laufen stets gegen das Ufer (normal oder schräg), weil die Landwinde am Ufer noch keine Wellen erzeugen können; daher wird der losgerissene Sand etc., abgesehen von der Strömung, wieder gegen das Ufer geworfen.

Fig. 9. Gegen ein steiles Ufer etc. staut sich die Welle beträchtlich höher, schäumend und sprudelnd zurückfallend; der Wasserstoß (Wellenschlag) entsprechend dem Vorigen.

Fig. 10 u 11. Durch den Wellenschlag erleiden die Ufer und Bauwerke die stärksten Angriffe; da bei gleicher Bewegung der Angriff auf einen Körper (z. B. Steinwürfel) proportional dem Quadrat seiner Abmessung, seine Stabilität beim Verschieben etc. aber proportional dem Cubus derselben, so wird durch ihre Vergrößerung der Widerstand vermehrt und kann man so Gleichgewicht herstellen. v. Minard theilt hierüber zwei Beispiele mit:

Auf dem Quai zu Algier wurde ein Block, $1\frac{1}{2}$ M. hoch, 2 M. breit, 3,4 M. lang, durch den Sturm im November 1843 verschoben, Inhalt 10,2 Cubikmeter, Gewicht 22,400 Kil., beim Reibungs-Coefficienten 0,8 Reibung 17,920 Kil., die von den Wellen getroffene Oberfläche 5,1 Q.-Meter, wonach der Wasserstoß pro Q.-M. mehr als 3,500 Kil. betrug.

In der Mole zu Cherbourg war 1830 noch ein Körper, der von Cessart her 40 Jahre widerstanden, auch dem Sturm im Februar 1808; er war 4 M. lang, $2\frac{1}{4}$ M. breit, 1,4 M. hoch, Volum 12,6 Cubikmeter, Gewicht 27,600 Kil., Reibung (beim Coeff: 0,8) = 21,840 Kil., ausgesetzte Fläche 5,6 Q.-Meter, wonach pro Q.-M. der hinreichende Widerstand von ca. 3,900 Kil.

(Bei diesen Beispielen dürfte indeß eine Berichtigung wegen des Gewichtsverlustes durch die Eintauchung nöthig sein.)

Als Recapitulation sind bei allen Gewässern dreierlei Bewegungen zu unterscheiden:

1) Strömung, die von Gefälle und Druck herrührt; selbige greift bei regelmäßiger paralleler Richtung, wie in Gerinnen, das Bett etc. wenig an, führt aber die Sinkstoffe weiter.

2) Die wirbelnde innere Bewegung der Wassertheilchen, bei unregelmäßiger Strömung durch die Unebenheiten des Bettes etc. bewirkt und umgekehrt diese vermehrend, indem sie vorzugsweise den Grund angreift.

3) Wellenbewegung durch Wind und nur in der Oberfläche erzeugt, die alleinige bei stehenden Gewässern (Landseen), sie bewirkt Angriff der Ufer nahe der Oberfläche.

Vorzugsweise sind bei Flüssen die zwei ersten, am Meere alle drei, am meisten die dritte thätig. Der alleinige Gegenstand der Hydraulik ist die Strömung, die zwei anderen Bewegungen haben noch nicht der Berechnung unterworfen werden können.

Vom Winde.

Die Winde mit ihren stärkeren Graden Sturm, Orkan, sind ähnliche Strömungen der Luft, wie die des Wassers. Ihr Nutzen ist: das Verderben der Luft zu verhüten (wie beim Wasser), Ausgleichung der Temperatur und Fortführung der Wasserdünste zum Niederschlag auf dem Festlande. Sie werden zunächst unter den Wendekreisen wieder in Folge einer Fluth durch Anziehung des Mondes etc. erzeugt, daher der beständige Ostwind; dabei und in der weitem Verbreitung sind aber, anders wie beim Wasser, wesentlich mitwirkend die ungleiche Erwärmung der Luft an den verschiedenen Orten und die Electricität, welche das Gleichgewicht der Luft stören und sie zum Strömen veranlassen. Wegen der ersten Ursache, der Fluth (die häufig übersehen), sind die Winde in den obern Regionen stärker.

Bei den vielfachen Hindernissen auf der Erde und verbunden mit der Elasticität der Luft entsteht nun die große Mannigfaltigkeit und Veränderlichkeit der Winde in Richtung und Stärke. Die stärksten Winde wehen in der Richtung her, in welcher auf die größte Länge offene See, ohne Hindernisse. Man hat beständige, periodische, am meisten aber veränderliche Winde. Ihre Kenntniss ist besonders am Meere (aber auch Flüssen) für den Ufer- und Hafenbau, auch Deichbau wegen der Wellen, der Schifffahrt längs den Ufern und in die Häfen etc. Dabei sind vorzugsweise maßgebend die stärksten und die herrschenden Winde (ihre Richtung); letzte sind die, welche die längste Zeit des Jahres wehen.

Dem Ufer am gefährlichsten wegen des erzeugten Wellenschlags sind gewöhnlich die normal gegen das Ufer wehenden Winde, so für die Nordseeküsten Hollands und Deutschlands die Nordwestwinde, die zugleich die stärksten und danach beträchtliche Sturmfluthen veranlassen. Ebenso für die preussischen Ostseeküsten.

Die Seewinde (die von der See kommen) wehen auch häufiger als die Landwinde.

Die Seeufer gegenüber den beschriebenen Wasserbewegungen sind entweder:

- 1) solche die unverändert, stationair bleiben;
- 2) solche die abgebrochen werden und gegen das Meer zurückweichen;
- 3) solche die anwachsen und gegen das Meer vorrücken, nämlich durch die Sinkstoffe, die das Meer von den abgebrochenen Ufern und aus den Flußmündungen herbeiführt und ablagert. Dies Verhalten, abhängig von Wasser und Wind (deren Richtung), findet gleichmäßig auf langen Küstenstrecken statt; wobei aber einzelne Punkte eine Ausnahme machen können; so werden hervorspringende Ecken mehr angegriffen, Meerbusen mehr verlandet, solche aber, worin in der Concave ein Strom ist, angegriffen (wie bei den Flüssen). Weil die anwachsenden Ufer nur niedrig, Abbruch aber auch an steilen Ufern, weil ferner aus den Flüssen fortwährend Sinkstoffe herabkommen und die meisten an den Ufern verbleiben, ohne in's offene Meer zu gelangen, so dürften im Ganzen die Küsten gegen das Meer vorrücken; aber der Anwachs ist unzuverlässig, veränderlich, und von manchem anwachsenden Ufer verschlingt oft eine einzige Sturmfluth mehr als einen langjährigen Anwachs, die Untiefe nahe dem Ufer vermehrend. So verschlang die Nordsee zwei beträchtliche Strecken der deutschen Küste, die Meerbusen Dollart und Jahde bildend, durchbrach ferner die Nordküste Nordhollands und verwandelte die Zuidersee aus einem Landsee zum Meerbusen; beides geschah im 13. Jahrhundert. Dagegen ist bereits in frühster Zeit die ganze Küste nebst einer Reihe großer bewohnter Inseln so von der Ems zur Weser herangewachsen (Helgoland aber ist ursprünglich und nimmt ab).

(Die Berge der Erde werden durch Abspülen allmähig vermindert, die Tiefe des Meeres wird aber nicht ebenso ausgefüllt; auch kann man nicht sagen, daß die Flüsse sich verkleinern, obgleich manche ihr Bett erhöhen, denn die abfließende Wassermenge ist von den Sinkstoffen unabhängig. Nach beträchtlichem Vorrücken der Meeresufer müßte aber der Wasserstand des Meeres sich, wenn auch unbeträchtlich, erhöhen.)

Der Seeuferbau beschäftigt sich damit, den Uferabbruch zu verhindern und den Uferanwachs zu befördern.

Das Erste ist öfters, bei der großen Gewalt des Meeres und ohne zu unverhältnißmäßige Kosten, nicht möglich; dann beschränkt man sich, den Abbruch weniger schädlich und verheerend zu regeln und die weitem Gegenstände, z. B. Deiche, Gebäude, der Gefahr zu entziehen. Der Uferanwachs, wodurch fruchtbares Land gewonnen, muß zuweilen in der Nähe von Häfen etc. verhindert werden, um die Zugängigkeit und Wassertiefe der Häfen zu erhalten. Vor dem Bau muß stets das Verhalten des Ufers sorgfältig studirt werden, um die zweckmäßigen Mittel zu erkennen und möglichst solche Baue (Einbaue) zu vermeiden, welche schädliche Veränderungen bewirken können. Nachher muß der Erfolg wohl beobachtet und danach das Weitere bewirkt werden. Weniger noch als beim Flußbau darf man aber das Wasser gewaltsam zwingen wollen; man muß vielmehr den Naturgesetzen nachfolgen und nach ihrem Wink solche Einrichtungen treffen, wonach das Wasser selbst auf den beabsichtigten Erfolg wirkt. Es sind dazu zunächst die hydrometrischen Arbeiten und Aufnahmen erforderlich, ähnlich wie beim Flußbau beschrieben.

Stationair sind die Ufer von festem Fels; diese widerstehen dem Wasserangriff und da sie gewöhnlich steil (dabei mehr oder weniger hoch), so verhindert die gleichmäßige starke Wasserbewegung vor ihrem tiefern Fuß das Niederlegen fremder Sinkstoffe.

Weicherer Fels kann durch die fortwährende Wasserbewegung, besonders der Wellen, aufgelöst und dadurch das Ufer zum Abbruch gebracht werden. Festere Theile bleiben als Vorgebirge stehen, während durch die Fortführung der weichern sich Busen bilden. Dahin gehören die steilen Ufer des Canals zwischen Frankreich und England, die Falaisen, die aus Kreide und Kalkstein bestehen, 100—250 Fuß hoch, über den untersten 80—100 Fuß bis oben mit horizontalen Schichten von Feuerstein, ca. alle 2 Fuß eine Schicht von 1—6 Zoll dick; durch den Wellenschlag wird der Fuß unterhöhlt, wodurch und durch den Frost nach und nach verticale Streifen des Ufers abbrechen. Kalk und Kreide werden größtentheils vom Wasser aufgelöst und fortgeführt, die Trümmer des Feuersteins aber bleiben als Kiesel am Ufer zurück. (Das Meerwasser, beiläufig gesagt, enthält überhaupt viel Kalktheile etc. von der Berührung des Landes, diese ziehen die Muschelthiere zur Bildung der Muscheln u. s. w. aus, welche ihrerseits später zertrümmert den Sand vermehren.) Der Salzgehalt des offenen Meeres ist ca. $3\frac{1}{2}$ pro Cent, gegen die Flußmündungen abnehmend; in begrenzten Theilen, Ostsee, schwarzes Meer, durchweg wegen des Flußwassers geringer, in der Ostsee ca. nur $\frac{1}{4}$. Daher auch und wegen des durch die Fluth eintretenden Wellenschlags die Seebäder der Nordsee ets. wirksamer als der Ostsee und des mittelländischen Meeres. Lamblardie hat berechnet, daß die Küste zwischen der Seine und Somme jährlich $\frac{1}{2}$ Toise zurückweiche (es scheint, daß der Canal in den frühesten Zeiten nicht existirte, was durch die Uebereinstimmung der beiderseitigen Küsten Frankreichs und Englands bestätigt) und dabei hier allein 57,000 Cubiktoisen Kiesel entstehen (à ca. 2 S. R. rheinl.).

Die Kiesel können bei ihrer Größe nicht von der Strömung des Canals (nach Osten) fortgeführt werden, wohl aber werden sie vom Wellenschlag unaufhörlich hin und her geworfen, nach dem Ufer und zurück, und zwar rücken sie dabei gemäß der Richtung der Fluth- und Ebbewelle zickzackförmig allmählig nach Osten fort; sie verstopfen die Fluß- und Hafenmündungen. Bei der Bewegung werden sie fortwährend zerrieben, so daß sie am Ende des Canals größtentheils zu Sand geworden, der dann der Strömung nicht mehr widersteht und bis nach den Nordseeküsten geführt wird (Flußsand anders).

Die Kiesel, durch welche hiernach kein festes Ufer erwächst (bei der Fluth überschwemmt, bei der Ebbe Bänke), brechen indeß die Kraft der Wellen und schützen dadurch das Steilufer, das sonst viel stärker abbrechen würde. Um hier die Ufer zu befestigen, würde man eine, der Verwitterung angemessene Böschung geben und sie unten, soweit die höchsten Wellen wirken, mit großen Steinen bedecken müssen; hierdurch würde der Abbruch verhütet und was wichtiger das Verstopfen der Fluß- und Hafenmündungen vermieden werden, aber die Arbeit wäre zu bedeutend; wonach der Natur überlassen bleibt, die Nordseeküsten vorzurücken, wie andere und wie die Flußmündungen etc. durch deren Sinkstoffe.

Die sandigen und erdigen Ufer sind gemeinlich als aufgeschwemmtes Land

niedrig und durch die Wasserbewegung flach. Da die Aufschwemmung mindestens mit Beihülfe des Meeres geschehen, so scheint dessen Tendenz zum Uferanwachs noch zu bestehen, obgleich unbeständig und die Ufer mannigfach verändernd.

Der Wellenschlag bricht das Ufer ab, um so stärker, je steiler und weniger fest das Ufer und je directer es den Winden (die die Wellen erzeugen) ausgesetzt, ferner um so ausgedehnter, je mehr der Stand der Fluth und Ebbe verschieden. Aber die Theile, wo nicht Strömung längs des Ufers, werden nicht fortgeführt; der Sand bleibt vor dem Ufer (Sandbank), wie vorher den weitem Abbruch beschränkend, und durch die Fluth wieder auf das Ufer geworfen. Die Erde löst sich zwar auf, wird aber in ruhigem Wasser wieder niedergeschlagen. Wenn dagegen Strömung in der Nähe, so wird diese zwar die abgebrochenen Stoffe theilweise fortführen, dafür aber andere von dem fernern Ufer und den Flußmündungen herbeischaffen, am Boden und schwebend, die wie vorher auf das Ufer gelangen.

Hiernach würde sich noch nicht wasserfreies Land ansetzen, im Gegentheil würden die Ufer erniedrigt und die Stoffe unter der Wasseroberfläche bleiben, wie dies auch vielfach der Fall, daher auch der flache Strand. Aber es findet an den in Rede stehenden Ufern wie angeführt die größere Tendenz des Meeres nach dem Ufer zu statt (durch Wasser und Wind), die fremden Sinkstoffe von den abgebrochenen steilen Ufern und aus den Flußmündungen kommen hinzu, es scheinen auch aus dem Meerwasser durch Ruhe und Berührung mit dem süßen Wasser etc. die chemisch aufgelösten salzigen, erdigen und kalkigen Theile niedergeschlagen zu werden; durch Unebenheiten und Strandgewächse werden auf dem Strande bei zurückweichender Ebbe die bewegten Stoffe, Sand und besonders auch Schlick zurückgehalten; während der niedrigen Wasser trocknet der Sand des Strandes und wird von den Seewinden nach dem Lande gewehet (wodurch sich auch die Dünen bilden); durch alles dieses, das zweckmäßige Uferbauten unterstützen, ist ein Erhöhen der Ufer möglich, Außerdem erhöht sich das Land an den Flüssen durch deren Sinkstoffe (wie beim Flußbau angegeben).

Hierher gehörig und von vorzüglicher Wichtigkeit sind die Nordseeküsten Hollands und Deutschlands, an denen auch besonders der Seeuferbau Anwendung findet.

Die niedern Küstenländer hierselbst (Marschen), von den Küsten bis weit ins Land sich erstreckend, zum Theil höher, zum Theil niedriger als der hohe Stand des Meeres und der Flüsse, sind augenscheinlich durch Aufschwemmung derselben (Alluvion) in früheren Zeiten herangewachsen; sie haben zumeist eine obere Schicht sehr fruchtbarer Klai-Erde, ein Gemisch von Sand, Thon und Ackererde, 3 bis 4 Fuß und mehr dick. An den Ufern finden sich, da wo Meeresströmung und dadurch herbeigeführt, ausgedehnte Sandlager, in Meerbusen, wo ruhiger Wasser, gewöhnlich nicht.

Das hohe, sandige und steinige Land, welches die Marschen begrenzt, d. Geest, scheint die frühesten Meeresufer, als Urdünen, gewesen; davor bildete sich der Niederschlag, wahrscheinlich begünstigt durch geringere Strömung als jetzt (ehe der Canal) und zuoberst der Schlick, d. i. der nasse Klai bei den höhern Wasserständen. Der Sand der jetzigen Ufer mag erst später (besonders aus dem Canal) herbeigeführt

sein. Und nachher, jedoch vor der Zeit der Eindeichungen, wird die Aufschlickung in dem ruhigen Wasser, hinter dem Schutz der jetzigen Dünen etc. noch zugenommen haben, wie dies entsprechenden Orts und durch die höhern Wasserstände noch jetzt geschieht; bei dem eingedeichten Lande nachtheilig nicht mehr. Manche glauben, daß die Inselreihe an der Nordseeküste früher mit dem Festlande verbunden und bei der grösser gewordenen Fluth durchbrochen und abgetrennt seien (viel früher als der Einbruch d. Dollart und d. Jahde); doch sind sie nachher (etwa durch den Sand des Canals) vergrößert und der Raum zwischen ihnen und dem Festlande wird allmählig ausgefüllt, nach Jahrhunderten wohl wieder Festland. Diese Inseln (Bonckum, Norderney, Wangeroog u. s. w.) mit Sanddünen geben einen wesentlichen Schutz des Festlandes, die directen Meeresangriffe abhaltend und aufnehmend, wogegen sie selbst zu schützen; sie nehmen dabei stellenweis ab, an anderen Stellen zu.

Von dem ganzen Ufer (Strand, Festland und Inseln) unterscheidet man das Fig. 12. Watt (die Watten, Sandbänke), ein mehr oder weniger breiter, oft beträchtlich ausgedehnter Streifen, der von der täglichen (gewöhnlichen) Fluth bedeckt, bei der gewöhnlichen Ebbe aber wasserfrei wird, dessen Höhe also zwischen jenen zwei (ihre Differenz ist pro max. 6—8 Fuß) liegt. Das höhere Land, das von der täglichen Fluth nicht erreicht, sondern nur etwa von den höheren Fluthen überschwemmt wird, das Maifeld oder grünes Land, geht mit dem grünen Ufer in das Watt über; gegen das tiefe Meer ist das Watt mit dem steilen hinabreichenden Strom- oder eigentlichen Ufer begrenzt. In dem Meer finden sich auch noch Untiefen und eigentliche Sandbänke (Pletten) gleichsam als Fortsetzung des Watts vor. (Die preuß. Ufer der Ostsee sind ähnlich, die der andern Länder aber dadurch abweichend, daß 1) keine regelmässigen Fluthen, also das Watt weniger ausgedehnt; 2) weniger Sand, mehr Lehm vorhanden, der aufgelöst und dadurch die Ufer leichter fortgespült werden); aber in der Nähe der Flußmündungen wiederum viel Sand; so soll z. B. die Weichsel jährlich ca. 300,000 S. R. herbeiführen, wodurch bei Neufahrwasser (Danzig) die Küste im letzten Jahrhundert 200 R. vorgerückt, früher (vor den Eindeichungen) weniger.

Auf dem Watt kommen allmählig einige Strandgewächse auf, bereits unter der Höhe der täglichen Fluth, und beim Erhöhen reichlicher und mehr Sorten; woraus man auch die Höhe der Fluth ziemlich sicher erkennen kann; durch sie wird der Niederschlag und das Erhöhen befördert, weshalb sie zu begünstigen. Der erhöhte und bewachsene Strand (und Watt) heisst Groden.

Das Maifeld (die Marsch) muß, um zur Weide tauglich zu sein, einige Zoll über der täglichen Fluth liegen, zu Heuwiese 1 Fuß, zu Ackerbau 2 Fuß und mehr. Das Watt kann also durch allmähliges Erhöhen culturfähig, zu Maifeld werden, wobei der Strand vorgerückt. Bei jener Höhe schreitet man auch zur Eindeichung, um die Ueberschwemmung der höhern Fluthen vom cultivirten Lande abzuhalten; jedoch ist zu berücksichtigen, daß durch Entwässerung und Austrocknung das Land um etwas zusammensinkt.

Der Uferbau ist übrigens durchaus unabhängig von den Deichen wie von den andern Bauwerken, weil er nicht diese Bauwerke, sondern das ganze Land schützen

soll. Die Deiche werden besonders behandelt; sie werden überdem mehr oder weniger vom Ufer entfernt, jedoch nach dessen Beschaffenheit (ferner dem Winde etc.) sich richtend angelegt, beiläufig 100—400 Fuß und mehr, wobei das Vorland oder Aufsendeich (vom Deich bis zum grünen Ufer) erhalten; auf diesem werden die hohen Wellen geschwächt, ehe sie den Deich erreichen, und liefert es zugleich das Material zum Bau und Unterhaltung des Deichs. Dagegen sind die Dünen, natürliche Sandhügel unmittelbar längs des Ufers, welche die Stelle von Deichen vertreten, als zum Ufer gehörig zu betrachten und nebst ihrer Ausbildung beim Uferbau mit zu erwähnen.

Die betreffenden Seeuferbaue bestehen in folgenden:

- 1) Befestigung des grünen Ufers, um den Abbruch desselben durch Wellenschlag zu verhüten, wodurch das Maifeld zu Watt würde.
- 2) Befestigung und Erhöhung des Watts, einmal um die Erniedrigung durch Wellenschlag, die von weiterer Gefahr für's Ufer, zu verhindern, dann um das Watt in fruchtbares Land umzuschaffen.
- 3) Einbaue, nämlich Buhnen (Stacken) und Höfter (Singular: das Stack, das Höft), vom grünen Ufer quer über das Watt bis ins tiefe Meer, falls, abgesehen vom Wellenschlag, Wasserströmung auf dem Watt entlang, die gefährlicher und unwiederbringlich den Boden fortführen würde.
- 4) Befestigung des Stromufers und Einbaue davor. Die Arbeiten ad 4, gegen den Hauptstrom und bis in die Tiefe, auf den Grund gerichtet und eigentlich radical, aber bei großer Kraft des Meers und beträchtlicher Wassertiefe vorzugsweise schwierig und kostspielig, verhalten sich durchaus wie die Uferdeckungen und Einbaue (Buhnen) der Flüsse, indem dabei die Ueberschwemmung des Watts und der Wellenschlag vorläufig unberücksichtigt bleiben. Dadurch gegen wirklich starken Angriff des Meeres und auf lange Strecken mit Erfolg zu kämpfen und Vortheil an Landgewinn zu erhalten, möchte in Rücksicht der beträchtlichen Kosten schwerlich gelingen; auch findet an den in Rede stehenden Küsten im Ganzen die Tendenz des Meeres statt, allmählig von den Ufern zurückzuweichen, der man sich überlassen kann, und wohl jäh vorspringende Ecken dem Abbruch preis gebend. Dagegen dürfte es vortheilhaft sein, in einzelnen Concaven, wo der Strom durch die Centrifugalkraft Abbruch bewirkt, durch zweckmäßige Deckungen und Einbaue zu schützen, den Strom abzuweisen und zu reguliren. Gewöhnlich sind an dem Uferabbruch Sandbänke und Untiefen vor dem Ufer Schuld, die bei ihrer im Grundriß convexen Begrenzung den Strom ab- und gegen das Ufer werfen; man muß auf deren Vertreibung wirken, wonach der Strom wieder regelmäsig läuft, zurückweicht und das Material der Sandbank wohl vortheilhaft dem weitem Ufer zuführt. Die Sandbänke können zwar zuweilen den Wellenschlag mäßigen (wovon nachher), doch ist ihr bemerkter Nachtheil wegen der Strömung überwiegend. Zuweilen ist es absolut nothwendig, durch Befestigung die Annäherung des Stroms an Bauwerke, Deiche etc. zu verhindern. Die Konstruktion dieser Deckwerke und Buhnen ist wie beim Flußbau, jedoch in gehöriger Stärke, besonders durch Steinschüttung und nach Art der Meer- und Hafendämme (Molen) (s. Hafenbau).

Nach dem Verhalten des Stromufers und dessen etwanigen Veränderungen

nachfolgend, müssen die Baue ad 1, 2 und 3 bemessen werden, welche die vortheilhafte Bildung des Strandes, dem Wellenschlage gegenüber, bezwecken. Dabei ist zuvor das Folgende zu bemerken:

a) Eine freie Erderhöhung von gleichmäßiger Beschaffenheit erhält sich in Fig. 13. geradlinigter Böschung unter dem natürlichen Böschungswinkel im Gleichgewicht (s. II. Abschnitt: Uferbau, auch bei Schüttung); oben lösen sich aber Theilchen ab (bei geringerem Druck und steilere Böschung gestaltend), die sich unten flacher anlegen, wonach das Profil von unten an *convex-concav* im Gleichgewichte; nach langer Zeit setzen sich unten auch noch Theilchen *a*, auch fremde an, die indeß nicht zum Gleichgewicht nöthig, woraus zuletzt ein ganz *concaves* Profil entsteht.

Dasselbe Profil bildet sich auch bei Flußbetten aus, die nicht überströmt werden; bei diesen wirkt der Wasserdruck dem Erddruck entgegen, nachdem aber die Erde durchweicht ist, wie anzunehmen, nicht mehr; die Wassergeschwindigkeit längs des Bettes dürfte dicht am Umfang nahezu überall gleich sein, mithin der Angriff; wenn hierin wie in dem Widerstand des Erdreichs Verschiedenheiten, so entstehen Abweichungen, jedoch erscheint auch hierbei das *concave* Profil im Ganzen naturgemäfs.

b) Wenn die obere Kante der Erderhöhung besonders angegriffen wird, durch Wind, Wasser, Eis, so nimmt diese eine *convexe* Gestalt an und das ganze Profil Fig. 14. wird von unten an *concav-convex*. Dies findet sich bei den Bergen der Erde (Wind und Regen wirken am meisten auf die Wipfel), ebenso den Dünen, ferner den Flußufern, die überströmt werden (wo Stofs des Wassers und Eises, und wenn wasserfrei Verwitterung).

c) Wenn nun, wie am Meere, der Wellenschlag des über die Ufer tretenden Fig. 15. Wassers hinzukommt, der normal auf's Ufer und unabhängig von der Strömung, die parallel damit, so wird dadurch bei nachgiebigem Erdreich der flache Strand abgearbeitet, zu einer flachconvexen Form, wobei aufer der Festigkeit des Erdreichs der Wechsel der Ebbe und Fluth mitbestimmend. Das ganze Ufer wird wieder von unten an *concav-convex*, und zeigt sich dies auch an Sandbänken u. s. w.

Ebenso würde die äußere Böschung von Seedeichen am vortheilhaftesten *convex* Fig. 16. sein, oben flacher als unten, dem Angriff des Wellenschlags entsprechend und dagegen gleichen Widerstand leistend (Berechnung, Stück einer Parabel); der Praxis wegen führt man indessen die obere Neigung als geradlinigte Böschung hinab.

d) Bei Steinschüttungen der Molen u. s. w., wenn diese im mittlern Theile am Fig. 17. meisten, im obersten weniger von den Wellen angegriffen, bildet sich folgerecht das von unten *convex-concave* Profil, merkwürdig wieder zu der Form ad a zurückgelangend.

Wie die angegebenen Profile bei betreffenden Baulichkeiten maßgebend sein müssen, um diesen eine gleichmäßige Widerstandsfähigkeit zu verleihen, so gilt dies besonders auch für die Seeufer ad c. Man muß nach passenden Stellen des Ufers dessen Normalprofil zu ermitteln suchen (worin allerdings noch Vieles unbe-

stimmt), wonach die abweichenden Stellen verbessert werden können, berücksichtigend etwanige Verschiedenheiten in Bodenart, Wasserhöhe, Wellenstärke etc.

Die Bauwerke des Stromufers müßten namentlich angemessen hoch (nicht zu hoch) und mit der oberen Convexität hergestellt werden, damit die Wellen ruhig übertreten, die qu. Bauwerke wenigangreifen und ruhig auf den Strand laufen.

Den Strand betreffend (worauf es hier ankommt), so scheint für die Nordseeküsten angemessen, 1) den tiefsten Punkt in der Höhe der täglichen Ebbe anzunehmen; 2) von hier aus eine flachconvexe oder in der Praxis geradlinigte Böschung von der 60—90fachen Höhe festzusetzen, die sich bis in das Maifeld verläuft.

Da über jenen Punkt ad 1 die tägliche Fluthhöhe von 6—8 Fuß, die Sturmfluthen, die den gefährlichsten Wellenschlag, aber noch beträchtlich höher, so übt die Kante des Stromufers (der Uebergang von Ufer in Strand) in solcher Tiefe nur angemessen geringe Reaction auf die Wellen, die demnächst hinreichend unschädlich auf den Strand ad 2 verlaufen. Es finden sich diese Verhältnisse verschiedentlich an Strand und Sandbänken, wobei sich der sandige und erdige Boden gewöhnlich gut erhält. Die Kiesel des Canals lagern sich bereits bei 7füß. Böschung fest. Streng genommen würde bei größerer Tiefe des Stroms, die auch tiefere Wellen erzeugt, die Kante ad 1 angemessen erniedrigt werden müssen, wovon indessen für gewöhnlich abzusehen. (Woltman verlangt, daß die Breite des Watts mindestens = 12 mal der Höhe des Stromufers sein soll.)

Wenn ein nach der vorigen Regel gebildeter Strand bei außergewöhnlichen Sturmfluthen mit Eisgang etc. beschädigt wird, so wird nachher das Wasser das Bestreben der Ausbesserung haben, das zu unterstützen. Falls aber ein Strand unter besonders ungünstigen Verhältnissen dauernd angegriffen, so würde auch eine flachere Lage nicht genügend schützen, was nur durch eine festere Decke möglich (etwa durch gröbern Sand und Kiesel, die der Strom herbeiführt); hier ist Befestigung und dauernde Aufsicht nöthig.

Das erörterte Profil des Strandes ist demnach als Normalprofil bei den vorher ad 1, 2 und 3 angegebenen Baulichkeiten zu Grunde zu legen; da diese, besonders die ad 3, bei der großen Ausdehnung des Ufers immer sehr kostspielig (jedoch die ad 4 sind es noch mehr), so schreitet man zu ihnen gewöhnlich nicht zum Zweck des bloßen Landgewinns, sondern um gefährlich fortschreitenden Uferabbruch zu hemmen. Ferner muß die Construction mit den verhältnißmäßig billigsten Materialien bewirkt werden, mit solchen die am leichtesten zu haben (besonders theuer ist weiter Transport der Steine).

Ad 1. Wenn der Strand mit der gehörigen Neigung bis zum Maifeld fortgesetzt, so findet eigentlich kein grünes Ufer statt; dasselbe ist der Fall, wenn eine steilere Neigung, deren Verflachung man abwarten, die aber auch öfters ohne Nachtheil beibehalten werden kann; in beiden Fällen wird man nöthigenfalls durch Bepflanzung etc. bei gehöriger Aufsicht den Zustand zu erhalten suchen. Liegt aber

der Strand tiefer, so findet sich das grüne Ufer als steilerer Uebergang zum Maifeld; ist zugleich der Strand noch schmal, so kann man dessen Verbreiterung abwarten, falls er aber bereits die gehörige Breite (nach dem vorigen) oder falls er, was häufig vorkommt, breiter als nöthig, so ist eine Befestigung des grünen Ufers erforderlich, damit der Wellenschlag es nicht weiter abbricht und das Maifeld in Watt verwandelt. (Nachher befördert man das allmälige Erhöhen des Watts.)

Man stellt vorzugsweise eine flache Böschung her, ca. 3füßsig, bedeckt sie nach Abschnitt II. durch Besäung, Rasen, Pflanzung, Steine, nach Abschnitt V. mit Rauhwehr, Flechtzäunen, oder wie bei den Deichen durch Stroh- und Rohrbestückung; wobei überall der Fuß gehörig zu sichern. Faschinen, Stroh und Rohr sind indeß vergänglich und müssen erneuert werden, die Pflanzungen müssen das Seewasser vertragen können. Die Befestigung muß um so stärker sein, je stärker die Angriffe der Wellen und des Eises, also je höher, je näher am Stromufer, je normaler auf den Hauptseewind. Die stärkste Befestigung geschieht mit Steinen folgendermaßen:

Man bringt zuerst eine 1 Fuß dicke Lage von Steinschutt oder Kiesel auf, als Unterlage der Steine, damit das Wasser durch deren Fugen nicht den Boden auspült; Faschinen anstatt dessen sind vergänglich. Dann werden 6 Fuß im Quadrat große Felder gebildet, indem man 6—7 Fuß lange, 5—6 Zoll starke eichene Pfähle, ca. 1 Fuß entfernt, so tief einschlägt, daß sie 2 Fuß über der Unterlage hervorstehen; sodann füllt man diese Felder (Encaissements) mit großen Feldsteinen dicht gefügt an. Die Pfähle, die vorzugsweise sichrer, können später, wenn sie verfault, herausgezogen und durch neue ersetzt werden. Gegen den Fuß, auf das Watt, bringt man noch, ca. 1 R. breit, eine Schüttung von Steinen oder Kiesel. Zuweilen hat man auch vor dem Ufer der Länge nach ein niedriges Pfahlwerk hergestellt, das die Kraft der Wellen brechen soll, zuweilen ebenso mehrere parallel in gewissen Abständen, um auf das Watt zu befestigen; solche Parallelwerke sind aber zu verwerfen, weil sie die Wirkung des Wellenschlags nur vermehren.

Auf ähnliche Weise, wie angegeben, befestigt man auch Deiche, die starkem Angriff ausgesetzt; zuweilen liegen sie, was sehr gefährlich, dicht am Ufer, wonach beider Befestigung in einander übergeht.

In einzelnen abnormen Fällen ist gar kein Watt vorhanden, indem wegen Nähe von Deichen, Gebäuden etc. das Stromufer bis über die Fluthhöhe hinaufreichen muß; dann ist dessen Befestigung wie früher, aber vorschriftsmäßig hoch und wohl stärker zu führen.

Ad 2. Die Erhöhung des Watts geschieht, indem man das Niederlegen der Sinkstoffe, Schlick und Sand, die das Meer mit sich führt, befördert. Bei größerer Tiefe legt man Dämme der Länge und Quere nach an, deren Material auf dem Watt gegraben oder gebaggert, und bildet dadurch Felder, deren Abflußöffnungen nach dem Meere frei bleiben. Die Dämme reichen nahe bis zur täglichen Fluth hinauf, erhalten ein einfaches Profil und nöthigenfalls Befestigung durch Stroh; man kann auch anstatt ihrer Schlickfänge, Flechtzäune etc. (siehe Flußbau) herstellen. Das Fluthwasser ergießt sich in die Felder und fließt bei der Ebbe lang-

sam wieder ab, die Sinkstoffe zurücklassend. Dies Erhöhen erfolgt nur langsam, sobald das Watt höher geworden; dann zieht man anstatt der Dämme Gräben, mit deren Material man das Watt umher gleichmäÙig erhöht und die sich nachher mit Sinkstoffen wieder füllen; z. B. die Gräben (deren Länge normal auf die Richtung des Stroms) 10 Fuß breit, 3 Fuß tief, 30 Fuß entfernt, füllen sich im Jahre 1—3 mal, wodurch das ganze Watt jedesmal um 1 Fuß erhöht wird. Hiermit kann man die Erhöhung beliebig weit treiben, bis zum vorschriftsmäßigen Profil des Strandes. Die Arbeiten sind indessen mühsam und viel durch Sturmfluthen gestört.

Liegt das Watt nur noch wenig unter der täglichen Fluth, so entstehen allmählig Pflanzen, die befestigen, Sand und Schlick zurückhalten, weiter erhöhen und sich damit vermehren, wodurch das Watt zu Groden wird. Zuerst (am tiefsten)

1) *Salicornia herbacea* (Glasschmalz, Quendel), ferner

2) *Salsola kali* (Salzkraut),

3) *Aster maritimus* (Meersterblume), dann mehrere andere; zuletzt über Wasser *Carex* (Riedgras) und *Poa* (Riedsee gras), wodurch sich Rasen bildet und wonach das Land culturfähig ist.

Wo das Meer feinen Sand auf den Strand wirft (Flugsand, wovon die Dünen), trocknet dieser häufig bei den Ebben und wird dann von den Seewinden gegen das Land gewehet; hier kann man das Watt erhöhen, indem man den Flugsand mit Strohbüscheln oder Strauchzäunen auffängt und durch Pflanzung befestigt, wie solches bei den Dünen geschieht (s. diese).

Ad 3. Oefters gelingt die Erhöhung des Watts durch die angegebenen Mittel nicht. Wie der Wellenschlag das grüne Ufer abbricht und das Watt verbreitert, so kann sich bei niedriger Lage des Watts eine starke Strömung parallel dem Ufer durch die Fluth und Ebbe, gleichsam eine Ausdehnung des Fluth- und Ebbestroms, bis über das Watt ausbilden, die dann das Erdreich fortgesetzt fortführt und endlich das Watt zu tiefes Moor umschafft. Wo dies zu fürchten, muß man feste Einbaue quer über das Watt herstellen, welche den Strom unterbrechen und abweisen, wonach auch wohl wieder Verlandung des Watts eintritt.

Die Längenrichtung eines solchen Einbaues nimmt man normal auf die Richtung des stärksten Stroms (Fluth- oder Ebbestroms); wo beide gleich stark aber verschieden gerichtet, normal auf die Linie, welche den Winkel zwischen beiden Richtungen halbirt; hierbei wird der Strom am unschädlichsten unterbrochen; zugleich bleiben die Einbaue unabhängig und möglichst wenig ausgesetzt gegen die Wirkung der Wellen und des Eises, welcher sie nicht etwa entgegengekehrt werden dürfen, um sie abzuweisen, wozu sie nicht geeignet; endlich wird dadurch die Länge des Einbaues am kleinsten. Die Kronenlinie des Längendurchschnitts wird nach dem Normalprofil des Strandes (s. vorher) festgesetzt, so daß die Krone die Form des zukünftig möglichen Strandes am vortheilhaftesten bestimmt; also am Stromufer in der Höhe der täglichen Ebbe und von hier ab landwärts mit 60facher oder auch 40facher Neigung bis zur Höhe der täglichen Fluth ansteigend, von wo bei größerer Breite des Watts mit gleicher Neigung oder auch horizontal bis zum grünen Ufer

fortzugehen. Größere Höhe des Einbaues würde überflüssige Kosten verursachen, auch zu Zeiten und meerwärts schädlichen Uebersturz der strömenden Wasser; wogegen bei geringerer Höhe der beabsichtigte Erfolg nicht vollständig erreicht werden könnte. Die Entfernung der Einbaue von einander nimmt man ziemlich verschieden ungefähr = dem 1- bis 3fachen ihrer Länge.

Die Construction betreffend, so hat man die Einbaue auf mannigfache Weise hergestellt:

a) durch eine Pfahlwand (die Pfähle senkrecht, dicht an einander), oben mit zwei Gurthölzern verbunden und von beiden Seiten durch einzelne schräge Pfähle verstrebt; dieser Bau heisst Höft, Höfter, auch Schirmhöfter. Fig. 25.

b) durch einen Körper aus Faschinen und Steinen mit steilen Böschungen und durch Pfahlreihen gesichert (Kistwerk oder Kisthöfter genannt). Die Faschinen werden abwechselnd der Länge und Quere nach, die Stammenden nach Ausen gelegt und zu oberst schwere Steine gepackt. Fig. 26.

Beide Bauarten sind mit ihren steilen Wänden starkem Angriff des Wassers ausgesetzt, bewirken ferner ein Auflockern des Grundes durch das überstürzende Wasser, weshalb sie auf beiden Seiten mit einer hinreichend starken und breiten Bettung aus Faschinen und Steinen nebst Flechtzäunen oder Encaissementspfählen zu versehen. Ferner sind Faschinen über Wasser dem Verrotten ausgesetzt, die Pfähle aber werden vom Seewurm zerstört, auch in mit dem Wasser gesättigtem Sandboden leicht losgerüttelt.

Beide Baue müssen vorsugsweise an ihrer Spitze gegen den concentrirten Strom durch Sinkstücke und Steinschüttung wohl verwahrt werden, die am besten bis ins tiefe Meer fortgesetzt.

c) Solider aber theurer als die vorigen ist die Construction mit flachen Böschungen aus Faschinen, besonders Sinkstücken, und Steinen, welche die eigentlichen Bühnen oder Stacken bildet. Diese begreifen in ihren Böschungen die Bettungen in sich, eben so bis ins Meer gleichmäfsig verlängert die Befestigung der Spitze (Krone ca. 3—4füßig, Böschungen 3—4füßig, Ausführung s. Hafenbau (Moolen).) Fig. 27.

Von den Dünen.

Die Dünen sind natürliche Sandhügel längs manchen Strecken der niedrigen Seeküsten, so oft meilenlang an der Nord- und der Ostsee; 15 Meilen an der Westküste von Nordholland, von der Maafs bis zum Holder. Das Meer wirft hier feinen Sand (Flugsand) auf den Strand, der abwechselnd bei der Ebbe trocknet und von den Seewinden landwärts gewehet wird; er wird am Ufer durch Pflanzenwuchs etc. aufgehalten und angehäuft. So bestehen die Dünen seit den frühesten Zeiten, sie verändern sich aber vielfach, nehmen allmällig zu oder ab, auch bilden sich neue; dies jedoch in geringem Grade, weil die frühere Tendenz des Meeres ziemlich un geändert. Die Dünen erreichen eine Höhe von 40—80 Fuß und mehr, fast durchgängig seewärts 11füßig, landwärts 1½ füßig geböscht, wonach die Breite ihres

Fufses. Sie bilden einen sehr kräftigen Schutz des Landes gegen Ueberschwemmung, stärker und sicherer als Deiche, die zur Schwächung der Wellen weiter landwärts erbauet werden. Deshalb, und um die Kosten der Deiche (deren Bau, Vertheidigung und Unterhaltung) zu sparen, befördert man die Entstehung und Ausbildung der Dünen und sichert sie durch Befestigung. Dadurch wird zugleich einerseits das Seeufer geschützt (s. vorher), andererseits das Weiterwehen des Sandes und das Versanden des cultivirten Landes verhindert.

Man kann den Flugsand auffangen, sowohl auf schon vorhandener Sanderhöhung, wie besonders an noch niedrigem Ufer, um hier eine Düne heranzubilden; dabei bestimmt man auch die ursprüngliche Längenrichtung gemäß dem Winde und dem Ufer, so daß beschützend und geschützt, ferner begradigend. In passender Richtung und möglichst auf Land, das schon die Höhe der täglichen Fluth erreicht, bepflanzt man einen $1-1\frac{1}{2}^{\circ}$ breiten Streifen mit Stroh- oder Rohrbüscheln und fügt diesen noch alle $10-12^{\circ}$ ebenso bepflanzte nach der See vortretende Flügel an; man nimmt nämlich jedesmal eine Hand voll Stroh, biegt es in der Mitte zusammen und setzt das zusammengebogene Ende so tief in den Sand, daß der Büschel 1 Fuß hoch vorsteht; die Entfernung der Büschel von einander überall 1 Fuß. Zwischen ihnen wird der Flugsand aufgefangen; sobald sie damit überdeckt sind, pflanzt man entsprechend neue Büschel und kann man solcherweise oft in kurzer Zeit eine beträchtliche Sanderhöhung bewirken.

Ein bequemerer Erfolg, als durch die Strohbüschel, wird durch Aufstellung von Strauchzäunen erreicht; selbige kommen in dieselbe Richtung wie vorher längs des Ufers, und zwar werden gewöhnlich 2 parallel in 6 Fuß Abstand, ferner mit einigen Querbäumen hergestellt. Sie werden je nach der Lokalität bis 4 Fuß hoch; man hebt dazu in der Zeit der Nässe einen Graben ca. 2 Spatenstich tief aus, setzt das Strauch aufrecht und nicht zu dicht hinein, wirft die Erde wieder zu und tritt sie fest. Nachher gibt man dem Zaune auf der Landseite eine Lehne gegen die Angriffe von der Seeseite, indem dort in ca. 6 Fuß Entfernung Pfähle ca. 6 Fuß lang, 3 Zoll Durchmesser, zur Hälfte in die Erde geschlagen und oben daran eine Stange gebunden wird.

Auch die Zäune können über einander wiederholt werden.

Die Elasticität des Strohs und Strauchs ist sehr wesentlich zum Niederlegen des Sandes; Flechtzäune und dergl. sind weniger wirksam, zugleich theurer. Das Strauch muß nicht dicht stehen, auch nicht belaubt, damit der Sand hindurchwehet, dabei wird der Zaun auch weniger leicht umgeworfen. Die Flügel und Querbäume dienen wesentlich, den längs des Strandes wehenden Sand aufzufangen, der am häufigsten nicht nur bei entsprechendem Wind, sondern auch bei schrägem und selbst normalem, indem die normale Seitenkraft des Windes durch die hinten liegende Erhöhung aufgehoben und nur die parallele wirksam bleibt.

Nach einiger Erhöhung des Sandes erscheinen darauf Strandgräser, die, sich fortpflanzend, befestigen, zugleich neuen Sand auffangen und erhöhen. Man befördert dies durch regelmäßige Pflanzung, reihen- oder nesterweise, die fortwährend zu beaufsichtigen, auszubilden und zu ergänzen. Die Bepflanzung und Pflege ist nur auf der Vorderseite und der Krone der Düne nöthig; auf der Hinterseite (nach dem

Lande) setzt sich der Pflanzenwuchs durch den fortgewehten Saamen genügend von selbst fort. Die tauglichsten Gewächse sind:

- 1) *Arundo arenaria*, Flugsandgras (Dünengras).
- 2) *Elymus arenarius*, Sandhaargras (Strandhafer).
- 3) *Carex arenaria*, Sandsegge (Sandriedgras).
- 4) *Triticum repens*, Queckengras (Quecke).

Ferner eignen sich zum Pflanzen: einige Arten Weide, Eller, Birke etc., besonders Kiefer.

Bei der ungeänderten Tendenz des Meeres müßten die vorhandenen Dünen immerfort zunehmen; dies ist aber da nicht der Fall, wo das Stromufer abbricht und der Strom näher kommt; hier wird durch Wellenschlag und Strömung der Fuß der Düne so angegriffen, daß sie abnimmt, und ihr Material resp. entweder fortgeführt wird, oder vor dem Ufer unter dem Wasser bleibt und die Untiefen vermehrt. Während also die Düne Schutz verleiht, bedarf sie selbst des Schutzes, und müssen die Uferbauten wie früher und ebenso ausgeführt werden, als wenn die Düne nicht vorhanden wäre. Zwar könnte manche ohne unmittelbaren Nachtheil beträchtlich abnehmen, aber mit der Abnahme und der Annäherung des Stroms wird auch der Uferschutz schwieriger, weshalb dieser von vornherein nicht vernachlässigt werden sollte. Zuweilen hat man behufs Vergrößerung der Düne den Strand aufgelockert (durch Pflügen), damit der Wind den Sand fortführt; dies ist durchaus verwerflich, indem der feste Strand wichtiger als die Düne. Einzelne Beschädigungen werden verbessert, indem man die Erhöhung und Ausgleichung befördert, demnach Bepflanzung, die auch bei vorderer Vergrößerung nachzuholen.

Wichtig ist, daß das Sandwehen vom cultivirten Lande abgehalten werde; also der Sand des Meeres bereits am Ufer (der Dünen) auf- wie der der Dünen festzuhalten. Hierzu dient vorzugsweise die Bepflanzung und muß man danach streben, die Rücken der Dünen mit Wald- und Graswuchs zu bedecken; eine Hauptbedingung ist das Vieh abzuhalten, damit dies nicht die entstehenden Halme abfrisst und den Wuchs stört, ebenso ähnliche Beschädigung; dies gilt überhaupt auch für den Pflanzenwuchs am Strande, auf den Deichen und deren Vorland; unter günstigen Umständen kann hier gemähet, selten aber ohne Nachtheil geweidet werden. Für einzelne Vertiefungen der Dünen etc. ist die Erhöhung zu befördern; dagegen ist das Erniedrigen der höheren Kuppen nachtheilig, das dadurch leicht bewirkt werden könnte, daß man sie auflockert und den Sand dem Winde überläßt.

Manche vernachlässigte Dünen rücken landwärts fort (Wanderdünen), indem der von der Vorderseite kommende Sand sich an der Hinterseite lagert; dies allmählig langsam fortschreitend, können Felder und Wälder überschüttet werden. Man bringt eine solche Düne zum Stehen, indem auf ihrem Rücken tiefe Zäune zum Auffangen hergestellt werden, deren Richtung normal auf die Richtung des herrschenden Windes; nachher Bedeckung durch Pflanzenwuchs.

H a f e n b a u.

U e b e r s i c h t.

Hafen ist ein mit dem schiffbaren Gewässer, namentlich mit einem Flusse oder mit dem Meere in Verbindung stehender Wasserbehälter zur schützenden Aufnahme der Schiffe. Man unterscheidet die Flufs- und die Seehäfen; erstere sollen den Schiffen Schutz gegen den Hochwasserstrom und Eisgang des Flusses, letztere Schutz gegen die Wellen und Stürme des Meeres gewähren.

Häfen in Flusmündungen, wenn die Meereswellen bis zu ihnen reichen, gehören zu den Seehäfen; dagegen kann man sie zu den Flufshäfen rechnen, sobald jenes nicht der Fall, wenn sie auch noch sowohl von den Seeschiffen befahren, wie von der Fluth des Meeres gestaut werden. Die Grenze hinsichtlich der Benennung beider hierselbst wird freilich verschieden und schwankend angenommen; man könnte sie auch da setzen, bis wohin das Meerwasser gelangt; doch dürfte die bloße Zugängigkeit der Seeschiffe, wozu wohl grössere Wassertiefe nöthig, einen Hafen, der sonst Zweck und Wesen eines Flufshafens hat, noch nicht als Seehafen erscheinen lassen.

Indem ein Hafen, als Hauptzweck, den gedachten Schutz verleiht, sowohl den Schiffen in seinem Innern, wie bei deren Ein- und Ausfahren, ist er speziell ein eigentlicher oder Sicherheitshafen; er wird aufer den sich natürlich vorfindenden Einfassungen besonders 1) durch aufzuführende einschließende Dämme gebildet; hierher gehören dann auch die nöthigen Einrichtungen zum Befestigen der Schiffe.

Zugleich sind viele Häfen, namentlich wo Fluth und Ebbe zu Gebote steht, 2) mit Anlagen behufs der Spülung versehen, welche zur Erhaltung der Wassertiefe des Hafens und seiner Zugänge dient (wovon nachher). Die Häfen dienen demnächst zur Vermittlung des Schiffsverkehrs, zum Beladen (Laden) und Entladen (Lossen, Löschen der Schiffe), dazu sind erforderlich 3) verschiedentliche Kais (zum Anlegen der Schiffe) mit den nöthigen Zufuhrwegen; oft unmittelbar mit Eisenbahnen verbunden, nebst Krahnern, Treppen, Rampen etc., womit Waaren niederlagen, Packhöfe, Speicher, Zollbüreaus, Wohn- und Wirthschaftsgebäude u. s. w. in Verbindung kommen. Diese Anlagen befinden sich entweder an dem gemeinschaftlichen Hafen, oder es dienen dazu besondere Hafentheile als Verkehrshäfen. So erstrecken sich in Seestädten von dem Sicherheitshafen aus, der dann Vorhafen heisst, oft ausgedehnte Verkehrshäfen landwärts als Binnenhafen, Bassins, selbst Canäle durch die Stadt. Häufig wird hier, namentlich wo Fluth und Ebbe, mittelst Schleusen ein constanter höherer Wasserstand unterhalten, auch zum Flottbleiben der Schiffe, während der äufsere und der des Vorhafens wechselt, dann heissen jene Theile Docks (nämlich Wasserdocks, zum Unterschied von Trockendocks oder Schiffsdocks). Ferner wird ein Kriegshafen (für Kriegsschiffe) von

dem Handelshafen (für die Handelsschiffe) getrennt angelegt, damit die Kriegsschiffe nebst ihren Arsenalen geordnet, ungestört, den Blicken und der Feuersgefahr entzogen bleiben.

Auf Flüssen dagegen finden sich als Verkehrshäfen häufig nur verschiedene Kaianlagen nebst Zubehör an einzelnen geeigneten Stellen des Flusses vor, ohne weitere Einschließung und Verbindung derselben, auch ohne Sicherheitshafen, der entweder gar nicht, oder entfernter, oder mangelhafter vorhanden.

Mit den Häfen sind auch 4) Schiffsbau- und Reparaturplätze verbunden, Werfte, Kalen oder Kielplätze, Schiffsdocken, nebst den nöthigen Werkstätten u. s. w.

5) haben namentlich die Seehäfen Signal-Einrichtungen und Leuchthürme, um den ankommenden Schiffen die sichere Fahrt zu bezeichnen.

6) endlich sind die Häfen häufig mit Fortificationen und Vertheidigungsanstalten gegen feindlichen Angriff zur See und zu Lande versehen, diese werden hier nicht weiter beschrieben.

Mit den angegebenen 6 Arten der Anlagen sind vollständig, in Verbindung und in größerem Maßstabe die Seehäfen versehen. Weniger die Flußhäfen; diese bestehen, wie ad 3 erwähnt, oft nur in einzelnen Kaianlagen nebst Zubehör an ruhigeren Stellen des Flusses. Solches ist insofern angemessen, als der Schutz gegen Eisgang und Hochwasserstrom nur im Winter und Frühjahr erforderlich, wo auch die Schifffahrt unterbrochen; in der ganzen übrigen Zeit, wo Schifffahrt, sind jene Kais benutzbar, und indem sie dem Landverkehr und der Verbindung mit der Handelsstadt passend gelegen, ferner für die Höhe der gewöhnlichen Wasserstände eingerichtet, sind sie bequemer als in einem vollständigen und Sicherheitshafen vereinigt und die Hochwasser überragend, wobei das gewöhnliche Laden und Lossen schwerer. Bei Beginn des Winters werden dann die Schiffe an geschütztere Stellen des Flusses, Buchten, alte Stromarme etc. besser in einen Sicherheitshafen, der demnach auch Winterhafen heißt, geführt, um darin zu überwintern.

Dieses ist anders wie bei den Seehäfen, die Schutz zu unbestimmten, also zu allen Zeiten geben müssen, und eine Vereinigung der verschiedenen Anlagen, der allein geschützte Ort in weitem Bereich des Gewässers sind. Indessen dürfte es für Flußhäfen dennoch vollkommener und mindestens bei manchen neuen Anlagen zulässig sein, wie auch in neuer Zeit zuweilen ausgeführt, einen vollständigen Hafen mit Sicherheit und zugleich mit Kais für verschiedene Wasserstände, diese in bequemer Verbindung mit dem Landverkehr, den Niederlagen u. s. w. herzustellen; dadurch würde der Schiffsverkehr weniger Unterbrechung und Störung erleiden und die vereinigte Anlage bessere Aufsicht, Bewachung, nächtlichen Verschluss gestatten.

Die Häfen der Schifffahrtscanäle sind ohne alle Sicherung, einfach eine Verbreiterung des Canals zur Aufnahme einer größeren Anzahl Schiffe mit Kai u. s. w.

Die Häfen für den Schiffverkehr auf Landseen dagegen, die bei ihrer großen Wasserfläche oft beträchtlichen Wellenschlag haben, bedürfen der Sicherung, ähnlich, jedoch in kleinerem Maßstabe, wie die Seehäfen; die Kais etc. wie dort und auch in Canalhäfen von constanter Höhe.

Die Seehäfen noch betreffend, so finden die Seeschiffe auf ihrer Fahrt bei widrigem Wetter Zuflucht in passenden Buchten, Flußmündungen, jedoch nur bei gewissem Winde und nicht mit Sicherheit für den Wechsel desselben. Dafür (und nachher die Fahrt fortsetzend) dienen dann gleichfalls als besonders wichtig die Sicherheitshäfen.

Diese bilden überhaupt die wichtigsten Theile der gesammten Hafenbaukunst, ihre Bauwerke sind die schwierigsten und größten, die eigentlichen Meeresbauten. Vor manchem Seehafen befindet sich noch eine Rhede, ein größerer offener, doch theilweis geschützter Raum, worin die Schiffe nur geringen Angriffen von Wellen und Wind, nicht den großen Meereswellen ausgesetzt sind, und in den sie demnach ziemlich sicher einlaufen und vor Anker gehen können (das Weitere später); durch eine Rhede, wobei auch der Hafen nur geringer GröÙe bedarf, werden zugleich günstig die Angriffe auf den Hafen selbst vermindert. Uebrigens ist Anordnung, GröÙe und Verhältniß der Häfen und Binnenhäfen sehr verschieden je nach Localität, GröÙe des Verkehrs und der Schiffszahl; so z. B. werden die Vorhäfen Londons allein durch die offene Themse gebildet, von welcher mittelst Schleusen sehr ausgedehnte Docks als Binnenhäfen sich erstrecken.

Bei der Anlage eines Hafens muß zunächst nachstehenden Bedingungen genügt werden, denen auch die vorher angeführten Baulichkeiten entsprechend nachfolgen:

a) Der Hafen muß vermöge seiner Lage, seiner Umgebung und der noch auszuführenden Werke den vorgedachten Schutz verleihen können.

b) Wie von dem offenen Fahrwasser aus stets ein hinreichend guter Zugang nöthig, so muß besonders die Hafeneinfahrt bequem und sicher sein; es dürfen nicht Widerströmungen das Einlaufen der Schiffe erschweren, Klippen es gefährlich machen; der Fluß oder Meeresstrom muß nicht die Sinkstoffe in den Hafen oder vor den Eingang führen. Ferner sei die Richtung der herrschenden Winde mit der Richtung der Fahrt nahezu normal, damit Wind und Wellenschlag nicht das Ein- oder Auslaufen hemmen, auch die Wellen weniger in den Hafen dringen. Um mehr das Einlaufen zu befördern, ist eine geringe Neigung der Windrichtung nach dem Eingang zu angemessen. Bei stark wechselnden Winden ist es gut, zwei entgegengesetzte Einfahrten zu haben.

c) Der Hafen muß für die Anzahl der aufzunehmenden Schiffe geräumig genug sein; seine schmalste Abmessung so, daß 2 Schiffe an den Seiten anlegen und dazwischen ein drittes umwenden kann, also mindestens $= 2 \text{ Breiten} + 1 \text{ Länge}$ der größten Schiffe. Gewöhnlich ist eine längliche Form des Hafens zweckmäßig, um möglichst viel Schiffe an die Kais zu legen (also viel Umfang), und wegen der

Spülung; wo aber hierauf nicht Rücksicht zu nehmen, sucht man mit aufzuführenden Werken den größten Raum einzuschließen, also mehr quadratisch oder kreisrund.

d) Vor Allem muß die Wassertiefe des Hafens und der Einfahrt für die Schiffe genügend sein, nämlich ca. 2 Fuß mehr als der größte Tiefgang der Schiffe, und muß diese Tiefe auch auf die Dauer leicht erhalten werden können.

Außer diesen Hauptbedingungen kommen je nach Localität noch verschiedene spezielle hinsichtlich Schifffahrt, Verbindung mit Landverkehr, Stadt u. s. w. zur Geltung; sämmtlichen, zum Theil einander widerstreitend, und da man von der Localität abhängig, ist nicht überall vollständig zu entsprechen; wie denn alle Häfen unregelmäßig und mehr oder weniger unvollkommen sind.

Hinsichtlich der Tiefe ad d sind noch weitere Auseinandersetzungen nöthig, und zwar ist zu erörtern:

- 1) die ursprüngliche Anlage;
- 2) die Erhaltung der Tiefe.

Ad 1. Wenn die nöthige Tiefe nicht an sich schon vorhanden ist, kann man sie zuweilen durch Ausgraben und Ausbaggern gewinnen; falls es sich aber nicht um eigentliche Ausgrabung eines neuen Bassins handelt, ist dies Mittel, der Tiefe nach sehr beschränkt, nur da angänglich, wo die Vertiefung nicht bald wieder durch Sinkstoffe ausgefüllt wird; man kann damit gleichsam nur eine Unregelmäßigkeit in dem Verhältniß zwischen Wasser und Ufer fortschaffen, nicht eine neue Unregelmäßigkeit, als abnorme Tiefe, herstellen. Dagegen ist häufig eine künstliche Erhöhung des Wasserstands im Hafen zum Flotthalten der Schiffe möglich. Dies vorzugsweise, wo Fluth des Meeres, indem diese im Hafen oder Binnenhafen zurückgehalten wird; dasselbe ist aber auch zuweilen angänglich durch Hülfe eines höhern Nebengewässers, das herbeigeführt und im Hafen gesammelt wird. In beiden Fällen, wobei zugleich Spülung möglich (wovon nachher), ist der Hafen oder Binnenhafen von dem äußern Wasser, Vorhafen, Fluß etc. durch eine Schleuse zu trennen, die bereits im Schutz liegt. (Fig. 1, *A,a* außen, *B,b* innen.)

Fig. 1.

Im ersten Fall wird im Innern nach Einlassen des Wassers die Höhe der gewöhnlichen Fluth erhalten, während außerhalb Fluth und Ebbe wechseln; ist nur eine einfache Schleuse (Schleusenhaupt); so kann diese nur bei der Fluth geöffnet werden, behufs Ein- und Ausgang der Schiffe. Um bei verschiedenem Wasserstand, außer niedrigem, zu passiren, ist eine Kammerschleuse nöthig; diese ist auch besonders für den zweiten Fall erforderlich, daß ein Nebengewässer gesammelt wird; es muß aber zugleich in Vorhafen oder Hafenstraße bei dem niedrigen Stande noch hinreichende Wassertiefe für die Schiffe, etwa die kleinern sein.

Abweichend vom Bisherigen sind manche Seehäfen für die Fluth und Ebbe offen, und die Schiffe können zwar, nämlich bei der Fluth, aus- und einlaufen, bleiben aber bei der Ebbe darin nicht flott; dies ist kein absolutes Hinderniß, greift jedoch die Schiffe an und hat anderweite Nachtheile.

Dagegen wird jetzt häufig für einen vollkommenen Hafen verlangt, daß

nicht nur Schleusen, sondern auch bei der Ebbe äußere Wassertiefe zum Passiren der Schiffe bei.

Ad 2. Die vorhandene Wassertiefe wird vielfach durch das Verlanden oder das Niederlegen der Sinkstoffe allmählig vermindert, dem die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden muß. Diese Sinkstoffe sind Kiesel, Sand und Schlamm, die theils von den Ufern der Flüsse und des Meeres losgebrochen, dann durch die Strömung weiter geführt werden und sich da ablagern, wo sich geringere Geschwindigkeit findet; Kiesel und Sand (von zertrümmertem Stein), wohl auf ihrem Wege weiter zerkleinert, werden nahe dem Boden in dichten Massen fortgetrieben und bilden beträchtliche Ablagerungen; der Schlamm (aufgelöste Erde) ist dagegen unbedeutender, indem er nur in ruhigem Wasser allmählig zu Boden sinkt.

Man muß zunächst bei Anlage eines Hafens die Ablagerungen möglich zu vermeiden suchen, durch Lage und auszuführende Werke, die in dieser Beziehung (s. ad b) für Hafen und Eingang günstig; manche Lage ist trotz aller Hülfsmittel so ungünstig, daß vortheilhafter die ganze Herstellung unterbleiben muß. Aber auch bei günstigen Verhältnissen ist mehr oder weniger Verlandung nicht zu vermeiden; bei oft wechselndem Wasserstand (Fluth und Ebbe) findet nachtheilige Veränderung in Strömung und Wellenschlag statt; Hochwasser und Eisgang in Flüssen, Sturmfluthen in Flüssen und dem Meere bewirken häufig unvorhergesehene große Verlandung; bei aufgelöster Erde aber werden die Häfen stets verschlammt, um so mehr, je mehr der Wasserstand wechselt (Ebbe und Fluth), weil mit dem höhern Stand jedesmal neues Wasser eintritt, das zur Ruhe kommend seine Stoffe fallen läßt. Diese unvermeidlichen Ablagerungen müssen zur Erhaltung der Tiefe immer zeitig wieder fortgeschafft werden, was durch 3 Mittel geschieht: a) Strömung, b) Spülung und c) Baggern.

a) Strömung. Die fortwährende Strömung kann schon das Niederlegen der Sinkstoffe, so daß keine fortzuschaffen, verhindern, und muß sie, zum Vorigen gehörig, vorzugsweise bei der Hafenanlage berücksichtigt und nutzbar gemacht werden, so daß mindestens die Verhältnisse möglichst ungeändert wie vor der Anlage bleiben; der Strom muß fortführend am Hafeneingang vorbei gehen (an Concaven), auch, namentlich in Flüssen durch Buhnen-Anlagen verschärft, so daß zufällig abweichende Strömung bei Hochwasser etc. weniger Einfluß, oder die Sinkstoffe desselben nachher fortgeführt werden; ebenso beim abwechselnden Fluth- und Ebbestrom des Meeres. Zuweilen läßt man den Strom auch durch den Hafen gehen (Hamburg, Neue Tief), was lästig und Sicherung fordernd, doch selbst Verschlammung hindernd. Dagegen eine geringere, geschwächte Strömung, z. B. Nebenfluß, durch den Hafen gehen zu lassen, ist bedenklich, weil dieser selbst Sand mit sich führt und die Ablagerung vermehrt, mindestens wäre Abklärung nöthig (in Bassins vorher), die jedoch umständlich; und bleibt im Allgemeinen am besten von diesem Mittel nicht Gebrauch zu machen, vielmehr Nebenflüsse isolirt weit um den Hafen zu führen und entfernt stromabwärts einzumünden, so daß sie ihre Sinkstoffe nicht vor den Hafen-Eingang legen. Dagegen und hierher gehörig, kann man die periodische Strömung der Fluth und noch besser der Ebbe nutzbar machen, verstärken und leiten, um die in der

Zwischenzeit jedesmal niedergeschlagenen Sinkstoffe wieder fortzuführen (die Elbe bei Hamburg, Neue Tief, Siele z. B. bei Emden); es beruht dies darin, daß das zur Seite eines Hafens ausgebreitete Fluthwasser bei der Ebbe durch das kleinere Profil des Hafens nachhaltig und stärker strömend zurückweicht. Hierzu sind verhältnißmäßig einfache Anlagen nöthig, und wo dies Mittel je nach der Localität angewendet werden kann, ist es das bequemste und wirksamste der Vertiefung.

b) Spülung. Diese geschieht, indem man zurückgehaltenes Wasser zu Zeiten und bei niedrigem äußern Stand plötzlich laufen läßt und damit nach bestimmter Stelle einen kräftigen Strom zum Fortführen der bis dahin abgelagerten Sinkstoffe erzeugt. Es unterscheidet sich dies von Strömung, die ohne größere Druckhöhe entweder fortwährend oder allmählig eintretend, dabei periodisch von selbst wiederkehrend ist, während Spülung plötzlich durch Oeffnen der Spülschleuse bei hohem Druck bewirkt wird. Die fortwährende Strömung bleibt gleich stark, die periodische ist in der Mitte ihrer Dauer am stärksten, und zwar hier gewöhnlich bei geringerem Wasserquantum, stärker als jene, wirksamer, doch nur in kurzer Dauer. Die Spülung nebst ihrer Einrichtung ist überall zweckmäßig, wo ein höherer Binnenwasserstand zu erhalten und damit ein hinreichend kräftiger Spülstrom erzeugt werden kann. Dazu ist nöthig: hinreichende Menge des Spülwassers, starker Druck, äußerer Stand zeitweise niedrig, die Spülschleuse nahe am auszuspülenden Raum, dieser schmal, auch nicht zu lang und Spülstrom nach dessen Längenrichtung; für breitem Raum kann man mehrere Spülschleusen neben einander legen, oder mittelst beweglicher Schützvorrichtungen nach einander einzelne Längestreifen spülen; bei größerer Länge muß für den vordern Theil ein neuer Spülstrom eintreten.

Solcherweise findet Spülung statt bei fast allen Häfen, die Fluth und Ebbe haben, und zwar wird hier zur Zeit der Springfluthen gespült, wobei die Druckhöhe zwischen Fluth und Ebbe, auch die Wassermenge am beträchtlichsten. Dasselbe, wie überhaupt die Erhöhung des Binnenwassers (wovon vorher), kann zuweilen auch mit Hülfe eines Nebengewässers geschehen: ein Nebenfluß mit starkem Gefälle, der wie ad a) bemerkt, nicht direct durch Strömung zu benutzen, kann aufwärts vielleicht eine oder mehre Meilen entfernt abgefangen und von hier, oder ebenso von einem höhern See, Sumpf her, ein Zuleitungsgraben mit geringem Gefälle nach dem Hafen geführt und dadurch dessen Stand beträchtlich erhöht werden; die etwanigen Sinkstoffe sind zuvor niederzuschlagen. Es ist dies und zwar in nur geringerem Maasse dasselbe wie die Zuleitungen der Schifffahrtsanäle, welche solche freilich dringender als die Häfen und unabweislich bedürfen, ja noch kostspieliger die großen Reservoirs und Wasserhebung mittelst Maschine erfordern, die für Häfen wohl nicht angemessen, auch wohl nirgend ausgeführt sein dürften.

Zur vollkommenern Anlage eines Hafens auch Flußhafens in ungünstigen Verhältnissen dürfte die gedachte Zuleitung, wenn sie ohne große Umstände möglich, immerhin in Bedacht zu nehmen und öfters mit ihren Kosten und den Kosten einer Dockschleuse und Spülschleuse wohl angewendet sein und möchte künftig bei weiterer Ausbildung der Schiffahrt und der Häfen davon wohl häufiger als bisher, die ersten Anlagekosten scheuend, Gebrauch gemacht werden. Allerdings müssen stets die Gesamtkosten geringer ausfallen, als die von andern Mitteln der Austiefung,

namentlich des Baggers, gehörig veranschlagt und capitalisirt. Die Zuleitung ist bei weitem, flachem Terrain wegen des geringen Gefälles nicht angänglich, wo Fluth und Ebbe, entbehrlich (wenn man nicht die Fluth noch erhöhen will). Ueberhaupt aber ist Spülung nur wirklich da wirksam, wo der Wasserstand zeitweise niedrig (Ebbe, ohne grössere Fahrtiefe).

Man kann einen Vorhafen nebst Eingang mit dem Wasser des Binnenhafens spülen, nachdem in beiden die Schiffe beseitigt resp. befestigt, und wozu nur die Thore der verbindenden Schiffsschleuse als Spülthore eingerichtet sein müssen. Wenn ferner zwei oder mehr Bassins, so kann man je das eine mittelst des andern spülen und umgekehrt; wozu überall keine weiteren Anlagen als die gedachte Einrichtung der Thore nöthig. Ausserdem und anstatt dessen aber werden auch besondere ausgehobene Wasserbehälter, s. g. Spülbusen hergestellt, allein zur Aufnahme des Spülwassers, an passenden Stellen und mit eigentlichen Spülschleusen geschlossen, mittelst deren die Spülung des Hafens und seiner Theile zu bewirken. In ihnen setzen sich zugleich die eigenen Sinkstoffe des Spülwassers ab, die von Zeit zu Zeit, nachdem das Wasser abgelassen, herausgekarrt werden. Solcherweise werden auch die offenen Häfen (die keine Schiffsschleusen haben) gespült; und ist es überhaupt jetzt am gebräuchlichsten, nur die Vorhäfen und offenen Häfen nebst Hafenstrasse und Eingang und besonders den Raum davor zu spülen, dazu eigene zweckmässige Spülbusen dienend, indem jene durch den wechselnden Wasserstand, Wellen und Strömung vorsugsweise und durch die gröbern Sinkstoffe (Kiesel und Sand) verlanden; dahingegen die Bassins weder zu spülen noch spülen zu lassen, theils um die Schiffe nicht zu belästigen, theils weil sie durch ihr ruhiges Wasser nur wenig Schlamm erhalten, der einfach durch geringes Baggern, etwa alle 2—3 Jahre entfernt werden kann.

c) Baggern ist das umständlichste Mittel der Vertiefung. Zur Darstellung eines neuen Behälters in wenig durchlässigem Boden kann man häufig vortheilhafter abdämmen, ausschöpfen und graben; dies ist aber bei Unterhaltung der Häfen wegen ihrer Benutzung nicht angänglich. Das Baggern, dessen Verfahren und Gerätschaften bereits im I. Abschnitt (Grundbau) angegeben, namentlich sind hier jetzt Dampfbagger sehr gebräuchlich, findet Anwendung zum Vertiefen derjenigen ganzen Häfen, bei denen kein höheres Binnenwasser, also keine Spülung möglich, ebenso keine Strömung, die aber eben deshalb auch geringen Niederschlag haben, bei den Häfen mit Spülung aber nur für die Bassins (siehe ad b) und wo etwa bei aussergewöhnlicher Ablagerung (durch Sturmfluth vor dem Eingange etc.) die Spülung nicht ausreicht, indem die letztere im Allgemeinen vortheilhafter ist.

Danach wird in neuester Zeit von dem Baggern ausgedehntere Anwendung gemacht, bei der vollkommenen Einrichtung der Bagger, noch auch die Raum nehmenden Spülungsanlagen eingeschränkt; die Engländer baggern, die Franzosen spülen mehr. —

Abgesehen davon und wiederholend, dürfte als Grundsatz bei Unterhaltung der Häfen Folgendes gelten:

es ist möglichst die Strömung auf Fortführung der Sinkstoffe zu leiten, die nicht zu vermeidenden Ablagerungen sind wo möglich durch Spülung zu

entfernen, und nur wo diese nicht angänglich und in ruhigem Wasser, ist zu baggern.

Flufshäfen.

Man kann einen Fluß-Sicherheitshafen auf verschiedene Weise darstellen:

a) in einer Bucht oder einem Nebenarm des Flusses, wobei noch nöthige Einschließungswerke hinzugefügt werden (Fig. 2); Fig. 2.

b) ebenso indem man von einer breitem Flusstrecke einen Längestreifen mittelst eines Parallelwerks abschneidet (Fig. 3); Fig. 3.

c) neben dem Fluß, an einer niedrigen Uferstelle, Vertiefung etc., die weiter zu vertiefen (Fig. 4). Stets mit angemessener Mündung in den Fluß; ferner durch Graben und Baggern sowohl die nöthige GröÙe und Form, wie die Tiefe vervollständigend; und demnächst nach Umständen weitere Theile und Anlagen hinzufügend. Fig. 4.

Der Ort der Anlage ist zunächst nach dem Bedürfnis, der Verbindung mit dem Landverkehr, der Stadt etc. zu wählen, demnächst nach der Eigenthümlichkeit des Flusses, wonach dann die Art der Anlage (wie angeführt) und die weitere Ausbildung, auch gemäß Wind etc. folgen.

Der Hafen ist gegen den Fluß und flufsaufwärts mit einer Einfassung zu versehen, die gegen den Hochwasserstrom und Eisgang hoch und stark genug; auf den übrigen Seiten, wenn, wie fast immer, offene Mündung, wäre solche Einfassung, gegen die Ueberschwemmung von unten, nicht nöthig; indessen wird hier durch Localität und Aufschüttung größtentheils ohne viele Umstände eine wasserfreie Umgebung zu erlangen sein, was für die Landverbindung und die Zugängigkeit des Hafens beim Hochwasser günstig. Die erstere Einfassung, gegen den Strom, ist durch Damm, Pfahlwerk, Faschinenwerk, selbst Mauerwerk darzustellen, wobei man feste Inseln etc. benutzt; z. B. Fig. 2, Insel *B* durch befestigten Damm erhöht, mit Trennungsbusen *C* geendigt als festen s. g. Hafenkopf; in der Tiefe *A* Coupierung, darüber und noch entsprechend landwärts der Damm *B* verlängert. Fig. 3 Pfahlwerk im Fluß, aufwärts hohes Terrain. Fig. 4 auf niedrigem Terrain ringsum Deich, die angegriffenen Stellen befestigt, die Erde aus der Ausgrabung gewonnen. Der wasserfreie Damm beschränkt aber das Hochwasserprofil des Flusses beträchtlich, weshalb große Vorsicht und genaue Ermittlung nöthig; entweder muß auf dem jenseitigen Flußufer hinreichender Fluthraum bei regelmäßiger Richtung des Stroms sein, oder man muß den Hafendamm vom Fluß entfernt halten (Fig. 4), Hafenkopf niedriger (*C* in Fig. 2), zweckmäßig Fig. 3 offenes Pfahlwerk. Dies ist der Vorhafen von Hamburg, von der offenen Elbe durch zwei Reihen Pfahlgruppen getrennt, woran zugleich die Schiffe befestigt werden, während der Binnenhafen in wasserfreies Terrain und in die Stadt hinein sich erstreckt; das Pfahlwerk, billiger als voller Damm in der großen Wassertiefe, hält das Eis ab und läßt die Strömung hindurch, was zwar die Schiffe etwas belästigt, dagegen das Fluthprofil nicht beschränkt und besonders Versandung verhütet.

Ueber die Hafenmündung ist als wichtige Regel zu bemerken (wie schon im Flußbau angegeben), daß sie am besten in einer Concave des Flusses und flußabwärts gerichtet anzulegen (aus dem Ende oder der Mitte des Hafens führend, der auch sonst beliebige Richtung); so geht das Fahrwasser des Flusses nahe der Mündung vorbei, und im Schutz des Hafenkopfs geschieht das Ein- und Ausfahren der Schiffe mit möglichst geringer Beschwerde; besonders aber wird die Verlandung der Mündung bis zum Fahrwasser verhütet; der Hafenkopf wirkt auch als declinante Buhne, wohinter die Hafenstraße (die mehr oder weniger lang) ziemlich von Sinkstoffen frei bleibt. Zuweilen wird der Hafenkopf als steiles wasserfreies Mauerwerk hergestellt, sonst ist er genügend und das Hochwasser des Flusses weniger beschränkend, nur eine nach dem Kopf abfallende Buhne, in der Oberfläche mit Pflaster befestigt; dann räumt der Wasserübersturz wohl die Hafenstraße auf. Günstig ist ferner, daß die herrschenden Winde nahezu normal gegen die Richtung der Einfahrt oder ein wenig nach Innen geneigt seien (s. oben), was auch bei der Anlage möglichst zu berücksichtigen.

Fast immer werden die Flußhäfen nicht mit Schleusen versehen und die Mündung ist offen, der innere mit dem äußern Wasserstand zugleich wechselnd, wobei die Wassertiefe des Hafens auch beim niedrigsten Stande = der Fahrtiefe des Flusses sein muß. Man macht dann die Mündung eng, doch mindestens etwa 2 Schiffsbreiten weit, damit die Wellen weniger ins Innere dringen, und kann eine längere Hafenstraße nach dem Innern zu divergiren. Bei dem wechselnden Wasser ist Verschlammung des Hafens nebst Hafenstraße nicht zu vermeiden; doch ist sie gering, jährlich etwa einige Zoll, und je nach Verlauf von 2—3 Jahren durch Baggern fortzuschaffen.

Der Hafen mit Pfahlwerk (Fig. 3) weicht von allem diesen ab.

Zuweilen aber ist es möglich und nützlich, wie in der Einleitung ausgeführt, im Hafen einen constanten höhern Wasserstand zu erhalten, durch Fluth oder Nebengewässer, wozu Schleuse in der Mündung, und womit auch die Mündung zu spülen. Dagegen eine etwa zeitweise Strömung des Hafens durch obern Einlaß des Flusses oder durch Nebenfluß, welche Strömung stets geringer sein wird als im Fluß, unwirksam und wegen der hinzugeführten eignen Sinkstoffe verwerflich ist.

Die innere Begrenzung des Sicherheitshafens wird gewöhnlich nur durch Erdböschungen gebildet, über dem gewöhnlichen Wasserstand mit breiter Berme, als Umgang und mit Treppen etc. die weitere Böschung hinauf (die gewöhnlich aufgeschüttet); im Innern dann Pfähle zum Befestigen der Schiffe.

Wenn der Sicherheitshafen zugleich Verkehrshafen sein soll, ist er mindestens theilweis mit Kais nebst Zubehör zu umgeben; bei offener Mündung ist die Oberfläche der gewöhnlichen Kais ein Geringes über den gewöhnlichen Wasserstand zu legen, zu bequemstem Verkehr: für Flußschiffe 2 Fufs, für Seeschiffe 6 Fufs. Bei höherem Wasserstand aber überschwemmt, sind noch höhere Kais nöthig, entweder hinter den vorigen, worüber die Schiffe treten, oder an anderen Stellen; alle mit einander und mit der Umgebung durch Wege, Treppen, Rampen verbunden, demnächst die Gebäude, Schiffsbauplätze u. s. w. Wo im Innern constanter höherer Wasserstand (mit Schleuse), wären die Kais nach jenem einzurichten.

Sonst werden (s. Einleitung) zum Verkehr, ohne Rücksicht eines Sicherheitshafens, einzelne Kais direct an geeigneten Uferstellen des Flusses hergestellt, in passender Höhe und in Verbindung mit dem Lande. Diese wohl in geschützter Lage, auch wäre zweckmäfsig davor Pfahlwerk im Fluß.

Als Beispiel eines vollständig eingerichteten Flußhafens wird hier der von Harburg (Fig 5) mitgetheilt, den Manche, doch wohl nicht mit Recht, bereits Fig. 5. Seehafen nennen.

Er liegt Hamburg gegenüber an der Süder-Elbe, 12 Meilen von der Nordsee, mit mittl. Fluthwechsel von ca. 6 Fuß. Fahrwasser bei ord. Ebbe 12 Fuß hannov. tief, wie in Norder-Elbe und Kühlbrand, so daß die Seeschiffe, mit Ausnahme der größern, hergelangen (vortheilhaft möglichst weit), ebenso die Flußschiffe, beide ihre Ladungen tauschend. Die Stadt Harburg nebst Citadelle und Hafen liegt auf niedrigem Terrain, jedoch ansteigend bis an die Geest; gänzlich umschlossen durch starken Elbdeich; als Hafenzugang Kammerschleusen 6 und 8 im Deich, außerhalb Hafenstrasse bis zur Süder-Elbe. Die Eisenbahn nebst Bahnhof wurde bis an das Hafenbassin gelegt (der Kai hierselbst ist im II. Abschnitt beschrieben) und wasserfrei aufgeschüttet, jedoch nur bis $3\frac{1}{2}$ Fuß unter der Krone des Elbdeichs, da bei etwaigem Deichbruch das einfließende Wasser sich ausbreitend, entsprechend sinkt; gegen No. 0 des Schleusenpegels (worauf die sämtlichen hannov. Eisenbahnen bezogen) ist nach hannov. Maafs: Krone des Elbdeichs + 20 Fuß, Bahnhof nebst Kai + $16\frac{1}{2}$ Fuß, ord. Ebbe + 2 Fuß, Sohle des Hafenbassins, Schleuse etc. — 10 Fuß.

Früher war nur die Hafenstrasse *a*, Schleuse *b* von 17 Fuß Weite und kleines Bassin *c*. Gleichzeitig mit der Eisenbahnanlage ist aber der Hafen vergrößert und der Kühlbrand etc. für die Seeschiffe vertieft. Das Hafenbassin *c* wurde vergrößert bis Bahnhof, dabei zweckmäfsig anstatt Baggern abgedämmt, Wasser geschöpft und ausgegraben, ebenso 2 Kanäle unter dem Bahnhof; ferner aber eine neue Kammer-
schleuse *d* erbauet, 34 Fuß weit, mit Vorhafen und Binnenhafen, der mit den Wassergräben der Citadelle und durch den Durchstich *e* mit dem Hafenbassin *c* verbunden, zusammen ein bedeutender Hafenraum gewonnen. Die Schleuse *d* soll für die größern Schiffe und Dampfschiffe dienen, die alte Schleuse *b* für die kleinern, um jene nicht zu behindern und wegen leichtern Durchschleusens; jede hat 1 Kammer und 4 Paar Stemmthore, nämlich in jedem Haupt 1 nach Außen und 1 nach Innen gerichtetes; gewöhnlich sind die nach Innen wirksam und soll im Innern ziemlich die Höhe der ord. Fluth erhalten werden, so daß 18 Fuß Wassertiefe für die größern Schiffe, die bei der Fluth ein- und auslaufen; die Höhe der Kais über Wasser danach $8\frac{1}{2}$ Fuß, sehr bedeutend, während sonst bei Seeschiffen 6 Fuß gebräuchlich. Die Thore nach Außen kommen nur bei äußerer Hochfluth in Wirksamkeit, doch ist fortwährend durchzuschleusen, bei niedrig Wasser mindestens die kleinen Schiffe (bei gleichem Wasser stehen alle Thore auf). Noch ist zu bemerken der Seevefluß; dieser in sehr früher Zeit in einem 1 Meile langen Kanal herbeigeführt, um die Mühlen *k* der Stadt zu betreiben (*l* ist beiläufig ein Bassin mit Kanal zu den Kaufhäusern); die Seeve ist gegen die Niederung östlich eingedeicht mit dem Kurdeich, der sich bis an den Elbdeich schließt, doch niedriger; falls ihr Hochwasser ein

bestimmtes Maafs überschreitet, muß der Kurdeich überströmt werden, um nicht die Stadt zu überschwemmen. Die Freifluth der Seeve ist nun durch das Schleusenwehr *i* in den Kanal und Hafen geführt, um dessen Wasserstand zu erhöhen und zu reguliren, daß mindestens das Wasser zum Durchschleusen ersetzt wird, es kann dann auch ein Theil des Hafenwassers abgegeben werden, um bei der Ebbe durch die Schleusen *b* und *d* die Hafenstraßen zu spülen. Etwanige Sinkstoffe der Seeve bleiben gleich hinter *i* liegen, wo sie zu baggern. Im Sommer bleiben viele Schiffe außen, besonders die Flußschiffe in der Hafenstraße *a* als Außenhafen, wozu erhöhter Weg (punktirt) vorhanden, ferner zum Schutz ein Schirmdeich *m* ausgeführt ist. Ferner ist bei Anlage des neuen Hafens der Elbdeich passend verrückt und mit der ausgegrabenen Erde ein Plateau *n* erhöht, zu Verkehrs-Etablissements. Der Raum *h* am Bassin ist zum Schiffsbau bestimmt, möglichst entfernt von den Schiffen des Hafens, der Feuergefährlichkeit wegen. Ueber die verschiedenen Binnenkanäle führen bewegliche Brücken *o*.

Seehäfen.

Bei den Seehäfen, deren Haupterfordernisse bereits in der Einleitung angegeben, begründen sich wesentliche Verschiedenheiten:

- 1) je nachdem sie eine Rhede vor sich haben oder nicht;
- 2) je nachdem sie der Fluth und Ebbe unterworfen sind (diese heißen danach Tiedehafen) oder es nicht sind.

Als vorzugsweise wichtig müssen die Lokalverhältnisse so sein, daß das Einfahren der Schiffe in den Hafen auch unter ungünstigen Umständen (Sturm und widriger Wind möglichst sicher und bequem geschehen kann; für das Ausfahren der Schiffe braucht man weniger zu sorgen, weil für dieses nöthigenfalls günstigere Zeit abzuwarten, es auch überhaupt weniger Gefahren ausgesetzt ist. Das segelnde Schiff (ebenso Dampfschiff) muß sich mit angemessen beträchtlicher Geschwindigkeit (allerdings sehr genau) dem Hafeneingang nähern und einlaufen, um damit über Wind, Wellen und Strömung Meister zu bleiben, den Eingang nicht zu verfehlen und nicht anzustoßen; es hat dann nach dem Eintritt seine Geschwindigkeit bis zur Ruhe zu verzögern, dazu muß die Hafenstraße breit genug sein, um nicht anzustoßen, besonders aber der Hafen (Hafenstraße und Vorhafen) lang genug sein, bis 2—3 Kabeltaulängen, jede 120 Faden à 6 Fuß. Gut ist es, wenn der Hafen so geräumig, daß darin das Schiff wenden und gegen den Wind zur Ruhe kommen kann. Ein mangelhafteres Hilfsmittel ist, im Hafen eine Sandbank zu lassen (geneigte Ebbe gebaggert), worauf die Schiffe ohne große Beschädigung des Kiels auflaufen. Bedurfte das Schiff bei ruhigerer See geringere Geschwindigkeit, so ist auch die Länge seines Einlaufs geringer; ferner kann man die Geschwindigkeit mäßigen, indem vom Schiff ein Tau auf den Kai geworfen, hier um einen Pfahl geschlungen und dadurch eine beträchtliche Reibung erzeugt wird; auch durch Schleppen eines Ankers, was aber unsicher ist.

Hat ein Schiff den Eingang verfehlt, so muß es, gegen Wind und Strom la-

virend, auf einem weiten Umweg zurückkehren, um sein voriges Manöver richtiger zu wiederholen. Bei starkem Sturm aber kann es oft nicht einlaufen, sondern muß vor dem Hafen kreuzen, ja wenn es der Gefahr des Strandens ausgesetzt, das Weite suchen.

Die angegebenen Schwierigkeiten nun werden vermindert, wenn der Hafeneingang angemessen geschützt liegt; dies geschieht am besten durch eine Rhede in deren weite Eingänge die Schiffe unter den ungünstigsten Umständen einlaufen und von wo sie demnächst ruhiger in den Hafen selbst gelangen können; z. B. Fig. 15. Danach werden auch die Bedingungen der Hafen-Anlage einfacher. Das Fig. 15 Ausfahren aus dem Hafen ist nur selten, bei passendem Winde, durch Segeln möglich, wonach das Schiff ununterbrochen seine Fahrt fortsetzt. Sonst ist es langsamer herauszubringen, durch Bugsiren. Ueberhaupt aber ist am besten und für die großen Schiffe gewöhnlich nöthig (sicherer und weniger Raum erfordernd), daß sowohl das Ein- wie Ausfahren durch Bugsiren geschieht (entweder mit einem Tau gezogen auf dem Kai entlang oder mit Schleppschiff (das mit Segel, Ruder, Dampf etc. bewegt, oder indem ein Tau voraus befestigt) an Pfahl oder Anker) und hieran sich das Schiff selbst fortzieht. Hierbei ist immer die Geschwindigkeit des Schiffs vor dem Hafeneingang $= 0$, so daß entweder Meer und Wetter ruhig sein oder der Eingang geschützt liegen muß, dies am vollkommensten durch eine Rhede; die ankommenden Schiffe ankern zuvor vor dem Hafen-Eingang, die abgehenden machen sich herausgebracht hier segelfertig.

Uebrigens sind die Dampfschiffe zu den angegebenen Manövern günstiger, die sich fortbewegen durch eigene Kraft, verzögern durch Zurückstellen der Maschine.

Nach dem Mitgetheilten folgt der Vortheil einer Rhede für den Hafen selbst; sie hat aber außerdem noch folgende Vortheile für die Schifffahrt:

a) die Schiffe zur See finden darin bei Sturm eine schnelle und sichere Zuflucht, sowohl wenn sie den Hafen besuchen wollen und ohne kreuzen zu müssen nachher einlaufen, sobald günstig Wetter und Zeit (da es nur langsam und einzeln möglich), ferner hohes Wasser ist (s. nachher), wie auch wenn sie eine andere Bestimmung haben und, nachdem sich der Sturm gelegt, weiter fahren.

b) die abgehenden Schiffe können einzeln und mit Muße aus dem Hafen gebracht werden, dann in der Rhede sich segelfertig machen, um bei dem ersten günstigen Winde ungesäumt in See zu stechen. Dies ist besonders nöthig für eine Flotte (Kriegsflotte), die zusammenbleibend beim ersten Signal abfahren muß.

In den Häfen, in welchen beträchtlicher Fluth- und Ebbewechsel stattfindet, bleiben gewöhnlich die Schiffe, mindestens die größeren, bei der Ebbe nicht flott, kommen mit dem Kiel aufzustehen, ja öfters läuft durch die Ebbe der Hafen ganz trocken. Obgleich hierbei die Schiffe, die nöthigenfalls zu stützen oder gegen den Kai zu lehnen, nicht plötzlichen Schaden haben (am wenigsten unbelastet), ja manche dies Verhältniß zu ihrer äußern Reparatur, Anstrich etc. benutzen, so leiden doch die wichtigeren und schweren Schiffe (Kriegsschiffe) und bei längerem Aufenthalt durch den öftern Wechsel des Flottwerdens und Aufstellens (der täglich 4 mal) auf die Dauer beträchtlich. Deshalb und weil eine größere Vertiefung des offenen Hafens nicht auf die Dauer ausführbar (Baggerung, die kostbar, wird durch Sinkstoffe bald

wieder ausgefüllt), so legt man hier Bassins an, durch Schleusen mit dem Hafen (Vorhafen) verbunden, worin der Stand der Fluth erhalten und worin die Schiffe behufs des Flottbleibens aufgenommen werden können. Die constante und höhere Lage der Schiffe ist auch für das Anlegen an die Kais, den Verkehr, das Be- und Entladen vortheilhaft.

Bei der Ebbe und Fluth findet ferner ein starkes Verlanden des Hafens (namentlich in Vorhafen und Hafenstrasse) statt, wogegen aber zugleich ein bequemes und wirksames Spülen möglich (das Fluthwasser wird zurückgehalten und bei der Ebbe laufen gelassen, also mit grossem Gefälle, zugleich in niedriges Wasser, wonach doppelt wirksam). Demgemäss sind hier fast immer Spülungsanlagen. Diese und die Bassins mit Schleusen sind bei den Häfen, die keine Ebbe und Fluth haben, nicht nöthig, demnach sich im mittelländischen Meere nur wenige, in der Ostsee keine vorfinden; nur die Spülung ist zuweilen mit Hülfe eines Nebenflusses eingerichtet.

Wenn nun auch die Bassins stets hinreichende Wassertiefe haben, so ist doch dasselbe in Vorhafen und Hafenstrasse, selbst gespült, nur während der Fluth der Fall und das Ein- und Auslaufen mindestens der grössern Schiffe nur um die Zeit der Fluth möglich, eine Beschränkung, wegen welcher hier um so mehr eine Rhede vortheilhaft ist, in welcher die Schiffe, geschützt, die Zeit abwarten können (s. vorher).

Uebrigens ist als wichtig zu bemerken, daß man jetzt nach Herstellung solcher Häfen (namentlich Kriegshäfen) strebt und nur diese als vollkommen ansieht, die stets und überall hinreichende Tiefe haben, so daß auch die größten Schiffe zu allen Zeiten ein- und ausfahren können (dies wird indeß im Folgenden nicht weiter hervorgehoben werden).

In einer Rhede endlich, bei grosser Wassertiefe, verweilen manche Schiffe gänzlich, ohne weiter in den Hafen zu gehen: Kriegsschiffe, grosse Handelsschiffe, die hier be- und entladen werden, so daß der Hafen kleiner als sonst sein kann.

Die Ebbe noch betreffend, so wird durch diese die Ausführung und Reparatur der verschiedenen Bauwerke sehr erleichtert, während wo sie fehlt, die Werke tief im Wasser gegründet werden müssen.

Ist nach dem Bedürfniss der Schifffahrt, des Handels etc. angegeben, wo ungefähr und von welcher Grösse ein Hafen anzulegen, so muß dazu das möglich vortheilhafteste Lokal gewählt werden.

Eine Rhede muß wesentlich nur durch die Natur geschaffen sein; sie bedarf ausser hinlänglicher Wassertiefe eines guten Ankergrunds und geschützt beträchtliche Ausdehnung. Da in ihr schon durch die weiten Einfahrten von Aussen fortgepflanzte Wasserbewegung und besonders die grosse Fläche durch den Wind eigene Wellen schürt, so können die Schiffe nicht an Kais oder Schiffshaltern befestigt werden, wogegen sie geworfen werden würden, sondern sie müssen frei vor Anker liegen und dazu hin und her bewegt einen Raum von mindestens 1 Kabellänge, grosse Kriegsschiffe 2 Kabellängen haben, um nicht an die benachbarten Schiffe zu stoßen; danach folgt die grosse Ausdehnung der Rhede ausser den Untiefen, die

gänzlich dem offenen Meere durch Dämme zu Einfassung und Schutz abzugewinnen, zu beträchtlich wäre. Der Boden, als Ankergrund, muß fester Sand und Thon (Schlick), nicht Felsen sein; ferner nach der Küste zu ansteigen, weil der gefährliche Wind gegen die Küste weht und dann bei jener Ansteigung der Anker sicherer hält. Dagegen kann durch einzelne Dämme etc. die Rhede verbessert werden, wobei man mit dem kleinsten Werk die größte Fläche einzuschließen sucht; ferner an einzelnen Stellen die Tiefe durch Baggern vermehrt werden.

Die Häfen selbst können entgegengesetzt mehr oder weniger durch die Kunst gebildet werden; jedoch muß auch hierbei einerseits der Kostenaufwand im Verhältniß zum Nutzen stehen, andererseits darf man damit nicht durchaus gegen die Naturgesetze ankämpfen (namentlich in Betreff der Verlandung), indem diese fortgesetzt beträchtliche Arbeiten nöthig, ja selbst am Ende alles vergeblich machen können, so daß auch hierin von Anfang an eine günstige Lage des Hafens nöthig.

Die Anlage eines Seehafens kann nach den Umständen folgendermaßen geschehen, ähnlich den Flußhäfen, jedoch in den entsprechenden großartigen Verhältnissen, und sind solchem Hafen, wovor wohl Rhede, demnächst noch weitere Theile landwärts zuzufügen:

1) Es wird ein natürlicher Meerbusen von der erforderlichen Wassertiefe zum Hafen gebildet, indem man dessen Einfassung zum Schutz gegen Sturm und Wellenschlag, so weit als nöthig mittelst eines Meerdammes (Molo) vervollständigt (Fig. 6, 7, 15) und dabei den Eingang in Lage, Weite, Richtung etc. gemäß den früheren Vorschriften wegen Schutz, Schifffahrt, Verlandung etc. anordnet. Solche Anlage ist die vortheilhafteste und die im Alterthum bei den Häfen des Mittelmeeres befolgte.

2) Es wird der Hafen ganz in das offene Meer hinausgelegt, indem man hier ringsum beliebige Meerdämme (gleich den vorigen) zu seiner Einschließung erbaut, (Fig. 14, 19, 22). Diese Bauart ist wegen der längern Umschließung kostbarer, hat dagegen die Vorthelle, daß man die passendste Lage und Gestalt des Hafens und seiner Einfahrt (s. vorher) erhalten kann, besonders aber, daß man entfernt vom Ufer eine größere Wassertiefe gewinnt, auch gewöhnlich ein geringeres Verlanden zu fürchten hat.

3) Umgekehrt wird der Hafen von der Küste zurück, landwärts gelegt, besonders bei flachen, der Ueberschwemmung und Verlandung ausgesetzten Küsten (Fig. 8, 23, 24); man gewinnt den Hafen durch eine natürliche Vertiefung (Landsee, Busen), ferner durch Ausgrabung etc., oder beides vereinigt. Zur Verbindung mit dem tiefen Meer ist dann ein Kanal (Hafenstraße) nöthig, mit Einfahrtsdämmen (ähnlich den Meerdämmen), die nach den früheren Rücksichten auf's Überlegteste anzuordnen; ähnliche kürzere Dämme (zum Schutz etc.) kommen auch bei den Einfahrten sub 1 und 2 vor. Aber die Hafenstraße und sonach der Hafen bleibt gewöhnlich einer starken Verlandung unterworfen.

Bei der Wahl des Orts für einen Hafen ist aber vorzugsweise wichtig, daß zwischen Hafen und offener See sich stets ein genügendes und sicheres Fahrwasser vorfinde, in erforderlicher Lavirbreite (besonders für Kriegsschiffe), ohne Klippen, etwa künftige Versandung, auch ohne gefährlichen Eisgang. Häufig ist ferner für

Schutz gegen den feindlichen Angriff zu sorgen. Endlich muß besonders im Interesse des Handels auf gute Verbindung mit dem Binnenlande, die am besten mittelst Fluß oder Kanal, gesehen werden. Vortheilhaft ist, den Hafen in einer Flußmündung anzulegen, wo er auch geschützter, und zwar so weit flußaufwärts, als mit der Wassertiefe und sichern Fahrt der größten Seeschiffe verträglich. Dadurch wird mit billigerer Seefracht die Länge des theuren Binnentransports verkürzt. Ebenso weit werden dann sicher die Flußschiffe gelangen, sie begegnen sich in dem gemeinschaftlichen Hafen und tauschen hier ihre Ladung. Wo indessen der Verkehr des Hafens durch eine Eisenbahn vermittelt wird, hat man in neuer Zeit bei starker Frequenz (in England) zuweilen abweichend den Hafen ans Meer gerückt und den Schiffsweg durch die gleiche Länge Eisenbahn verkürzt, den schnellern und sicherern, obgleich theuern Eisenbahn-Transport vorziehend (Menaibrücke, Grimsby).

Im Nachstehenden folgen noch Lehren für die einzelnen Baulichkeiten der Häfen, die ebenso für die Unterhaltung der schon bestehenden dienlich.

Die Meer- und Hafendämme (Molen), deren Bauart verschieden, gehören zu den colossalsten und am schwierigsten auszuführenden Bauwerken. Einerseits ist es schwierig, die beabsichtigte Wirkung gegen Wellen, Strömung, Verlandung etc. durch Lage, Richtung, Länge und Höhe eines Werks vorher richtig zu bestimmen; oft treten nach der Ausführung unerwartete ungünstige Erfolge ein (besonders Verlandung), die neue Abhülfe bedürfen. Andererseits muß man den Damm (namentlich vor einer Rhede) gerade dem stärksten Angriff aussetzen, um diesen zu brechen, wozu jener eine hinreichende Solidität erfordert. Zu der Grundriß-Anordnung muß der Rath der Seeleute benutzt werden.

Durch Einschließung quer vor der Richtung der herrschenden Winde werden die directen Meereswellen abgehalten (Fig. 15); ist sie von Natur und mit Bergen, so hat man viel günstiger auch Schutz gegen den Wind, der direct auf die Schiffe fällt, ferner in Rhede und Hafen neue Wellen bildet. Bei flachem Lande kann man ähnlichen Erfolg erreichen durch Anlage hoher Baumpflanzungen, besonders nach der Seite der herrschenden Winde.

Ueber die Ausdehnung von Rhede und Hafen (resp. Vorhafen und Bassin) ist die Anzahl der aufzunehmenden Schiffe und das über Ein- und Ausfahren Angeführte maßgebend. Bei Anordnung des Hafeneingangs sind (wie bei den Molen) maßgebend die Lokalverhältnisse, Richtung des herrschenden Windes und der Strömung (jener die Wellen, diese den Gang der Sinkstoffe bestimmend), und müssen dabei die verschiedenen, zum Theil widerstreitenden Bedingungen wegen Schutz, Schifffahrt und Spülung erfüllt werden. Als Hauptresultate hierin ist Folgendes anzugeben:

Der Hafeneingang wird 100—300 Fuß weit genommen, den herrschenden Winden und Meeresströmen abgewendet; ist eine längere Hafenstraße mit Dämmen, so muß deren Richtung ebenso am vortheilhaftesten den Winkel von 70—90° mit der Richtung des herrschenden Windes bilden, der Damm auf der Windseite etwas

Fig. 8. länger als der andere sein (Fig. 8) und wohl die Weite nach dem Hafen zu um

Fig. 11. ein Geringes divergiren (Fig. 11).

Wie nämlich zur Erläuterung dieser Sätze zu bemerken, muß die Weite des

Eingangs wegen des Schutzes und Abhaltung der Wellen, ferner zur Spülung nicht zu groß, wegen der Schifffahrt aber nicht zu klein sein. Dabei ist überall eine längere Hafenstraße vortheilhaft; sonst muß mindestens für das Einlaufen der Raum im Hafen entsprechend frei sein u. s. w. Die Richtung der Hafenstraße muß nicht zu spitz gegen die des herrschenden Windes sein, weil sonst die Wellen stärker in's Innere dringen, das Einlaufen gefährlich (zu schnell), das Auslaufen aber zu schwierig (entgegengesetzt); einige Neigung dem Eingang zu ist aber gut, um das Einlaufen zu befördern. Die Verlängerung des Dammes an der Windseite (Fig. 8) bewirkt erweiterte und ruhigere Mündung, die Schiffe können den äußern Damm ungefährdeter umfahren und selbst bei mangelhafterer Führung, ohne an den andern Damm anzustoßen, einlaufen; ebenso ist das Ausfahren günstiger. Wo aber starker Meeresstrom mit Sinkstoffen, wäre gut, wie Fig. 8, den Damm strömaufwärts möglichst normal und länger zur Verhütung der äußern Ablagerung zu führen (jedoch hiervon noch nachher). Die Straße nach dem Hafen zu divergiren, ist wegen der Spülung und Schwächung der Wellen gut; manche wollen behufs des guten Einfahrens die umgekehrte Form, zur Erweiterung der Mündung, letztere wird aber bereits durch die Erweiterung des einen Dammes erreicht. In der Straße legen auch Schiffe an. Zuweilen (Jahdehafen) ist breites Ufer, also lange Straße, aber tieferes Wasser, und macht man als Vereinigung von den früheren Anlagen 2 u. 3 eine breite Fahrstraße mit verengtem Eingang, die ohne weitem Vorhafen selbst als solche dient; dabei ist nicht Spülung angänglich.

Zur Spülung der gewöhnlichen Straße dagegen ist ferner vortheilhaft, daß der Spülstrom möglichst in die Richtung der Hafenstraße fällt, diese zuweilen eine Krümmung (Fig. 10, wegen der Centrifugalkraft) erhält, aber nicht zu lang ist. Bei zu großer Länge läßt man wohl noch eine Spülung von der Seite zu Hülfe kommen, Fig. 12.

Die Einfahrtsdämme, besonders auf flacher Küste, zum Schutz etc., Fig. 8 u. 9, wozwischen anfangs der Strand zu vertiefen, halten auch zunächst die Sinkstoffe ab, die sich längs der Küste bewegen, und gestatten zum Entfernen der eingedrungenen einen wirksamen concentrirten Spülstrom. Aber die Unterbrechung des Gangs der äußern Sinkstoffe (wo diese stattfinden) und ihre Aufhäufung wird sehr nachtheilig. Die Wirkung der Dämme und überhaupt einer vorspringenden Hafenanlage ist insofern gleich der einer Buhne (des Flußbaues), daß sich die Sinkstoffe zu beiden Seiten vor und hinten ablagern, aber auch in die Mündung gehen, abweichend dagegen, daß in der Mündung nicht so concentrirte Strömung und Vertiefung wie am Bühnenkopf, vielmehr auch vor der Mündung Verflachung, welche wesentlich durch die aus der Hafenstraße gespülten Stoffe vermehrt, zu einer am meisten flachen und beschränkenden Barre umher wird, auf welche auch der Spülstrom sich ausbreitet, weniger Wirkung hat. Die Einfahrtsdämme müssen demnach möglichst bis ins tiefe Meer geführt, ferner bei vorderer Ablagerung von Zeit zu Zeit verlängert werden (Fig. 8 u. 9), was kostspielig, auch die Spülung erschwert. Auch wegen der zur Seite aufhäufenden Stoffe werden die Dämme zuweilen erhöht, doch ist besser jene fortzugarren, zu Ballast zu machen etc., wonach auch die vor der Mündung verringert.

Zuweilen ist gut, bei vorspringendem Werk in grösserer Entfernung Buhnen zu bauen, die auffangen, und dies resp. zu wiederholen. Im Uebrigen aber bei Sandströmung muß man möglichst die vortretenden Hafenwerke vermeiden, so auch hier von Anfang an nicht ohne Noth zur Anlage der Einfahrtsdämme schreiten, und bei vielen Lokalitäten ist es möglich und vortheilhafter die Einrichtungen so zu treffen, daß der Gang der Sinkstoffe nicht unterbrochen werde, oder daß man die Strömung selbst auf ihre Fortführung wirken läßt.

Das Weitere über die Anlage der Einfahrtsdämme folgt nachher.

Manche Hafen-Anlagen sind von dem bisher Angegebenen verschieden, so die jetzt in Ausführung begriffenen großen englischen Sicherheitshäfen (zu Dover, Holyhead etc., Fig. 20 u. 21). Diese bilden, ohne Rhede, Hafenstraße und ebenso ohne Binnenhafen, Spülung etc. einen einzigen großen Raum, ähnlich wie vorher ad 2, durch colossale Dämme ganz dem offenen bewegtesten Meere abgetrennt, gleichsam Vereinigung von Rhede und Hafen; bei der großen Bewegung Eingang bis 800 Fuß weit (keine Spülung), im Innern nur vor Anker liegend (guter Ankergrund); doch werden wohl später durch innere Werke ruhigere Theile abgeschnitten werden, das übrige Künstliche vollkommnere Rhede bleibend (s. nachher).

Bezweckt eine Hafenanlage dem Wesen nach Binnenhafen und Bassins, wohl in ruhigem Wasser, z. B. London, so muß gleichwohl auch ein Vorhafen vorhanden sein, damit die einlaufenden Schiffe erst zur Ruhe kommen und die Schleusen gehörig geschützt liegen; in dem Vorhafen bleiben auch die kleineren Schiffe und die, welche das Aufstellen des Kiels vertragen können.

In den Bassins ist vorzugsweise gehörige Wassertiefe erforderlich, nämlich in dem niedrigsten Stande, der Nipp- oder doch der ord. Fluth 2—3 Fuß mehr als der Tiefgang der größten beladenen Schiffe; selbiger ist für große Kriegsschiffe etc. 25—26 Fuß. Dieses Wehr ist nöthig:

1) wegen der allmäligen Verlandung des Bodens, die erst nach längerer Zeit durch Spülen oder Baggern entfernt wird; sie beträgt jährlich bei vielen Häfen des Weltmeers (wo große Fluthhöhe) bis einige Fuß, im mittelländischen Meere (wo geringe Fluth) ca. 2 Zoll hoch;

2) damit bei unruhigem Wasser durch Wirkung des Windes oder wenn die äußern Wellen durch die geöffneten Schleusen laufen, die Schiffe nicht abwechselnd auf den Grund stoßen;

3) wegen des Wasserverlustes durch die geschlossenen Schleusenthore, der um so größer, je älter die Thore, je größer die Fluthhöhe und in der Senkung um so beträchtlicher, je kleiner das Bassin; sie ist bis 9 Zoll hoch für die Zeit von einer Fluth zur andern;

4) um eine Quantität Wasser zur Spülung abgeben zu können;

und 5) um bereits einige Zeit vor und nach der hohen Fluth öffnen zu können und dadurch an Zeit zum Schleusen zu gewinnen.

Die betreffenden Rücksichten finden mehr oder weniger vereinigt statt; für sämtliche zugleich wird die Tiefe noch mehr als angegeben vergrößert.

Die Differenzen ad 1 und 2 sind auch bei den offenen Häfen und zwar in größerem Maasse zu berücksichtigen. Der Boden des Vorhafens und der Hafenstraße

mufs ca. ebenfalls 2 Fufs unter dem Tiefgang bei der Fluth liegen, wobei das Ein- und Ausfahren der grössern Schiffe geschieht.

Die Schleusen zwischen Vorhafen und Bassins müssen leicht zugänglich und so, daß sie das Anlegen der Schiffe an die Kais nicht hindern, ferner aber möglichst vor dem Wellenschlage geschützt angelegt werden, indem dieser nicht nur die passirenden Schiffe und, geöffnet, die im Bassin liegenden belästigt und angreift, sondern das Durchschleusen selbst erschwert, ferner auf die Thore schädliche Stöße ausübt, sie abwechselnd wohl auf- und zuschlagend. Die Schleuse hat gewöhnlich keine Kammer, sondern nur ein einfaches Haupt mit einem Thorpaar nach dem Bassin zu (Ebbethor), so daß nur bei der Fluth zu schleusen; öfters 2 Paar Ebbethore hintereinander zur Reserve, auch um dazwischen bei großer Fluthhöhe mittlern Wasserstand zu erhalten; auch gewöhnlich mit entgegengesetztem Flutthor gegen die Sturmfluthen. Behufs Reparatur Dammfalze, jedoch bei der großen Weite sind einfache Balken nicht stark genug, besser Ponton (s. Dock). Gewöhnlich besondere Umläufe zur Spülung der Drempe und der Räume davor. Zuweilen zur Theilnahme an dem großen Spülen (ad 4) Spülöffnungen im Thor oder Umläufe.

Vortheilhaft und bei großer Frequenz nöthig sind aber Kammerschleusen, um mindestens die kleinern Schiffe außer der Fluthzeit passiren zu lassen und so für den Durchgang der großen Schiffe an Zeit zu gewinnen.

Ist nur eine Schleuse, wie gewöhnlich, so mufs diese für die größten Schiffe weit genug sein (die Maafse im Abschnitt IV Schleusenbau angegeben). Diese Weite kann aber gegen den Boden abnehmen, durch geradlinigte oder concave Böschung der Seitenmauern, wobei nur zur Bewegung der Thore der Raum frei bleibt; besonders kann sich der Drempe der Form der Schiffe anschließen, mit Ausschnitt für den Kiel, Zwischenraum bis Kiel 6 Zoll. Bequemer ist es, 2 Schleusen zu haben, 1 große wie vorher und 1 kleine für die kleinen Schiffe, theils um an Zeit zu gewinnen, theils um für die kleinen Schiffe nicht das umständliche Oeffnen der großen Thore nöthig zu haben.

Man kann auch anstatt Schleusenkammer 1 Vorbassin zu halber Fluthhöhe anlegen, worin die kleinern Schiffe bleiben und die Thore halben Druck (wie vorher bemerkt) haben; ebenso ein solches Nebenbassin.

Durch Spülung, wie erwähnt, bewirkt man am vortheilhaftesten benöthigte Vertiefung und Fortschaffen der Sinkstoffe aus Vorhafen, Hafenstraße und äußerer Mündung, welche sowohl durch Strömung, wie durch Wechsel der Fluth und Ebbe herbeigeführt; sie geschieht nur von Zeit zu Zeit und als am wirksamsten bei großer Fluthhöhe; so bei Springfluth mehre Tage hintereinander; man hält jedesmal das Fluthwasser in hintern Behältern zurück und läßt es bei der niedrigen Ebbe plötzlich laufen, wodurch sich ein heftiger Strom erzeugt, der die Sinkstoffe, besonders Sand etc. auf einmal bis ins offene Meer hinaustreibt. Man entfernt oder sichert zuvor die Schiffe des Vorhafens. Zuweilen wird mit dem Wasser des Bassins gespült, dessen Schleusenthore zum Spülen eingerichtet; und müssen dann auch hier mindestens die Schiffe befestigt werden. Besser und jetzt gewöhnlich ist es, um die Belästigung der Bassins zu vermeiden, behufs der Spülung besondere hinreichende Spülbusen anzulegen, die in Lage, Ausdehnung und Einrichtung nebst Zubehör

demgemäß aufs zweckmässigste angeordnet werden müssen. Dann wird wohl zur zweckmässigen anfänglichen Verstärkung des Stroms noch ein Theil des Wassers (einige Fufs hoch) aus dem Bassin entlassen, welches letztere übrigens von seinen eigenen geringen Sinkstoffen stets am besten durch zeitweises Baggern zu reinigen ist.

Der aus der Spülschleuse stürzende Strom erzeugt zunächst starke Auskolkung, der Schleuse nebst Umgebung nachtheilig, dann auf grössere Länge stark wirbelnde unregelmässige Strömung, wobei ein grosser Theil der lebendigen Kraft zerstört und verloren wird, um so mehr, je weniger übereinstimmend das Profil der Oeffnung mit dem des Vorhafens und je grösser die Geschwindigkeit (erzeugt durch Gefälle); erst nach 6—900 Fufs ist regelmässige Strömung. Diese wird aber wesentlich vermehrt, indem durch die grosse Wassermenge, die noch nicht schnell genug abfließt, der Stand des Vorhafens sich erhöht und ein beträchtliches Gefälle bis zur Mündung entsteht; in diesem Moment ist Strömung und Angriff am stärksten, die eigentlich wirksame; sie beginnt etwa 5 Minuten nach Oeffnung der Spülschleuse und dauert nachher 25 Minuten, in deren Mitte am stärksten; nachher, indem die ganze Spülung etwa 1 Stunde dauert, sinkt der Stand des Vorhafens allmählig und ist auf etwa ursprünglichen Thon und Erde noch geringe, auf Sand etc. keine Wirkung weiter.

Es erscheint hiernach als Hauptaufgabe der Spülung, die grösste Wassermenge in der kürzesten Zeit durch die Spülschleuse zu entsenden.

Bei gegebener Form und Länge des Hafens bis zur Mündung, dem Widerstand der Sinkstoffe, der Fluthhöhe und der äussern Wassertiefe (hier vortheilhaft ist: letzte gering, ebenso Länge bis Mündung gering), wäre die zur Wirkung nöthige Grundrissgrösse des Spülbusens und Weite der Spülschleuse anzugeben; doch wegen der unregelmässigen Bewegung und Complication der Umstände genügt hierzu nicht einfache hydraulische Rechnung, vielmehr muß man sich an weitere Erfahrung halten.

Nach Minard sind namentlich für die französischen Seehäfen folgende ungefähre Verhältnisse:

Entfernung der Spülschleuse von der äussern Mündung 300—1400 Meter, Fluthhöhe 5 Meter, äussere Wassertiefe (der niedrigen Ebbe) ca. $1\frac{1}{2}$ Meter über den aufgehäuften Sinkstoffen (Sand und Kiesel) in Hafenstrasse und Mündung. Grundfläche des Spülbusens 6—30 Hectares (à 10,000 □ Meter). Gesamtweite der Spülschleusen 6—20 Meter. Zeit, wie angegeben: man öffnet 5 Minuten vor der niedrigen Ebbe, so daß der Hauptangriff von Beginn dieser Ebbe an; dabei grösste Geschwindigkeit der Mündung = $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ Meter und wurden in 1 Spülung 500—3000 Cubikmeter Kiesel und Sand bis ins Meer getrieben.

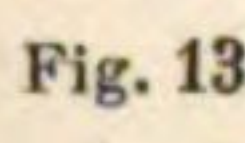
Die geringste Geschwindigkeit in der Mündung zum Fortführen von Kiesel muß 2 Meter sein. Die Spülöffnungen sind bis auf den Boden reichend, in mehreren Kanälen, die schnell zu öffnen und zu schliessen, herzustellen; wegen der Bau- und Unterhaltungskosten andererseits nicht übermässig auszudehnen; ihre richtigste Gesamtweite so, daß dadurch rückwärts bei der Fluth sich der Spülbusen noch ganz füllt (was nach der Hydraulik zu berechnen). Gegen die Auskolkung beim Ausfluß

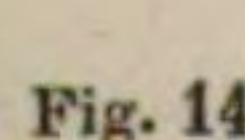
muß vor der Spülschleuse und den benachbarten Bauwerken und Hafenwänden eine hinreichende Bettung hergestellt werden.

Um den Spülstrom wirksamer zu leiten, namentlich einen sich zeigenden großen Wirbel aufzuheben und Verlust an lebendiger Kraft zu verhüten, läßt man wohl in passender Entfernung aus der Seitenwand einen schwachen schrägen Seitenstrom hinzutreten; dasselbe ist zuweilen an mehreren Punkten der Hafenstraße wiederholt. Vor der Mündung zeigen sich immer die stärksten Ablagerungen, eine Barre umher, wenn einige Zeit nicht gespült, oder nach einer einzelnen Sturmfluth; gegen diese, auf welche überdem der Spülstrom sich ausbreitend weniger Wirkung, hat man letztern wohl in besondern, mehr oder weniger langen Leitungsröhren zusammengehalten: hölzerne von großem Querschnitt beweglich oder kleinere eiserne, die am Grunde festliegend. Sonst kann man hier, wie an andern Stellen, eine Einschränkung durch herbeigeführte Pontons bewirken, die eintauchend, wohl noch mit hinabreichender beweglicher Seitenwand versehen, womit nacheinander strichweises Spülen.

Uebrigens kömmt man nöthigenfalls durch Baggern und Aufräumen zu Hülfe, wie denn jetzt wohl jeder Seehafen, selbst wenn er zu spülen, mit Bagger, namentlich Dampfbagger, zu verschiedentlichem Bedarfe versehen.

Es folgen einige Beispiele ausgeführter Seehäfen:

Der alte Hafen zu Algier, der ziemlich klein, ist gebildet, indem auf einer Insel  Fig. 13. nahe der Küste ein erhöhter Meerdamm *a b* errichtet, von hier auf der Nordseite quer nach der Küste ein voller Damm *c* und auf der Südseite die Einfassungen *d e* des Hafeneingangs hergestellt. Nach der Besitznahme der Franzosen ist zur Vergrößerung des Hafens oder zur Bildung eines Vorhafens der Meerdamm *b f* erbauet und zugleich längs der flachen Küste zum Anlegen der Schiffe die Kaimauer *d h* mit Zugängen zur Stadt. Der Hafen ist gegen den von Nord kommenden Meeresstrom (und dessen Versandung), ebenso gegen die Nord- und Ostwinde (und Wellen), die die herrschenden und stärksten sind, gut geschützt; die Mittheilung der Wellen in das Innere ist durch den neuen Molo gemäfsigt, dagegen ist durch das Zurückwerfen derselben durch die Kaimauer (der frühere flache Strand war weniger schädlich) eine lästige Widerströmung erzeugt; zur Verbesserung und zur Vergrößerung beabsichtigte man den Molo noch zu verlängern, ebenso die Kaimauer nach *g* und *i*. Die Kaimauer ist 5 Meter unter Wasser regelmäfsig auf Beton gegründet und von Quadern aufgeführt; der Molo, da nach den Erfahrungen anderer Orte eine gewöhnliche Steinschüttung gegen den starken Wellenschlag nicht stabil schien, ist durchweg von künstlichen Betonblöcken à 10 Cubikmeter ($3\frac{1}{2}$ Meter lang, 2 Meter breit, $1\frac{1}{2}$ Meter hoch) geschüttet, eine Bauart, die hier zuerst angewendet und bei 1- bis $1\frac{1}{4}$ füßigen Böschungen gegen die stärksten Sturmfluthen gut widerstanden hat; der Damm ist durchschnittlich 14 Meter hoch (2 Meter über Wasser), in der Krone 12 Meter, in der Basis 34 Meter breit (also durchschnittlich nur $\frac{3}{4}$ füßige Böschungen); oben tief mit Beton ausgegossen und mit Betonschicht bedeckt.

Der Hafen von Civita Vecchia im Kirchenstaate, bereits aus früherer Zeit  Fig. 14.

herrührend, ist ganz dem offenen Meere abgewonnen, und zwar streng nach einem musterhaften Plan. Er wird eingeschlossen nördlich von dem kleinen, südlich von dem großen Molo, die sich vom Ufer ab quer ins Meer erstrecken und mit ihren vordern Enden sich bogenförmig nähern; vor dem Zwischenraum ist der vordere Molo, ebenfalls bogenförmig, angelegt; so sind für den Hafen Sicherheit und Ruhe gewonnen und zugleich 2 Einfahrten, das Ein- und Auslaufen bei den verschiedenen Winden begünstigend. Da der Meeresstrom von Süd kömmt, so ist der südliche Eingang am meisten gebräuchlich zum Einlaufen, und dazu zweckmäfsig etwas weiter als der nördliche. Die 3 Molen sind von Mauerwerk hergestellt, oben Kais bildend und mit Forts zur Vertheidigung, sowie der vordere mit einem Leuchtturm versehen. Mit dem Hafen hängt noch ein kleinerer, innerer, mehr geschützter Hafen (Bassin), doch ohne Schleuse, zusammen.

Es ist bei diesem und dem vorigen Hafen, sowie überhaupt bei den Häfen des mittelländischen Meeres zu erinnern, daß nur geringer Fluthwechsel, die Wassertiefe aber an vielen Küstenpunkten hinreichend und bleibend ist, daher wegen des Flottbleibens der Schiffe weder Schleusen noch Rheden nöthig sind; letztere hätten allerdings noch die Vortheile, mehr Schiffe aufzunehmen und das Einlaufen in den Hafen bei Sturm zu begünstigen. Ferner ist die Versandung gering, wenn nicht durch fehlerhafte, naturwidrige Anlagen begünstigt (weßhalb selten Spülung nöthig, die auch bei der großen Tiefe weniger wirksam). Man muß überhaupt die natürlichen Verhältnisse ungeändert lassen, wenn die Tendenz des Meeres nicht auf Versandung gerichtet; so erhält sich in Meerbusen etc. häufig die Tiefe durch die gewöhnliche Wasserbewegung. Dagegen rücken die ganzen Küsten von Kleinasien und theilweis die Westküste von Italien durch Versandung fortwährend vor.

Vor Toulon am mittelländischen Meere befinden sich aber als bequeme Rheden hintereinander 2 Meerbusen, groß genug zur Aufnahme der größten Anzahl Schiffe; sie sind durch die Berge umher gegen fast alle Winde geschützt, haben Wassertiefe und Ankergrund, stellenweise aber Untiefen von festem Schlamm, diese dienen die Wellenbewegung zu mäßigen und zugleich manchen Schiffen zur Zuflucht, die der Haltung beraubt, darauf ohne Gefahr auflaufen können. Die Rheden sind mit Vertheidigungs-Anstalten versehen, und im Grunde ist ein eigentlicher Hafen durch großartige Dammanlagen abgeschieden; hier ist viel zu baggern.

In ähnlicher Weise, wie bisher, mehr oder weniger günstig sind die natürlichen Verhältnisse und danach umgekehrt ausgedehnt die nöthig gewordenen Bauanlagen der vielen verschiedenen Häfen des mittelländischen wie des Weltmeers. Unter jenen waren im Alterthum berühmt die Häfen von Carthago, Carthagera, Athen, Rhodus, Alexandria, Syrakus, Messina, Ostia; jetzt sind bedeutend Neapel, Livorno, Genua. Ferner hierher gehörend: groß und von sehr günstiger natürlicher Beschaffenheit der Hafen von Constantinopel (das goldne Horn in den Bosphorus mündend) und der von Sebastopol am schwarzen Meere.

Bei den Häfen des Weltmeers ist ein wichtiger Umstand der beträchtliche Fluthwechsel, wonach gewöhnlich, bei flacher Küste, nur während der Fluth die nöthige Wassertiefe zum Flottbleiben und Einlaufen der Schiffe vorhanden, und sind hier Bassins mit Schleusen, ferner Rheden erforderlich, Spülung zweckmäfsig. Als

Bassins dienen in Seestädten oft ausgedehnte, durch die Stadt sich hinziehende Kanäle, die zum Flottbleiben ebenfalls der Schleusen bedürfen. Bei gleichmäßigem Wasserstand ist auch der Verkehr, das Be- und Entladen der Schiffe bequemer. Solche Schleusen waren früher, bei geringerer Ausbildung des Verkehrs, weniger gebräuchlich, als jetzt; so hatte London bis 1800 noch keine Schleuse.

Die meiste Arbeit hat seit frühe Frankreich zur Ausbildung seiner Häfen aufgewendet, am bedeutendsten sind an der Westküste Rochefort und Brest, im Kanal Cherbourg und Havre. Rochefort, Brest, Cherbourg, ferner Lorient und im mittelländischen Meere Toulon sind die 5 Kriegshäfen Frankreichs, Havre sein größter Handelshafen (für Paris dienend). Früher war Dünkirchen, nahe der holländischen Grenze, der bedeutendste und kunstreichste Hafen Frankreichs; selbiger mußte aber nach den Bedingungen des Utrechter Friedens 1713 zerstört werden. Bei dem nachherigen Mangel eines Kriegshafens im Kanal und zum Schutz des Handels daselbst, besonders England gegenüber, beschloß die französische Regierung 1781 eine große Rhede und Hafenanlage in der Bai von Cherbourg. Die in den Kanal hervortretende Lage gegen die englischen Kriegshäfen Portsmouth und Plymouth ist sehr günstig, ebenso die Wassertiefe und der Ankergrund, und schon Vauban hatte, die Wichtigkeit dieses Punkts erkennend, hier eine Hafen-Anlage, den jetzigen Handelshafen, ausgeführt und ein Project zur Einschließung einer Rhede gemacht. Jedoch die Arbeiten gegen Meer und Wind sind sehr schwierig, und die Verbindung mit dem Lande ist mangelhaft. Es handelte sich vorzugsweise darum, dem offenen Meer eine hinreichend große und geschützte Rhede abzugewinnen. Hierzu war ein Meerdamm (Molo), wie er auch jetzt ausgeführt, nöthig; aber Cessart projectirte anstatt dessen in derselben Linie eine Reihe von 90 Kegeln (aus Holzgerippe mit Steinen gefüllt), die nebeneinander zu stellen und à $\frac{1}{2}$ Mill. Livres veranschlagt; diese im Mittel 90 Fuß im Durchm. und 80 Fuß hoch, bis über Wasser reichend, sollten die Wellen brechen, jedoch bei geringstem Materialbedarf und die Strömung zur Verhütung von Verlandung durchlassend. Das Project wurde genehmigt und Cessart begann 1783 die Ausführung, im folgenden Jahre den ersten Kegel setzend. Die Kegel wurden auf dem Lande gezimmert, dann mit großer Mühe mittelst angebundener Tonnen bis zur Stelle gefloßt, hier versenkt und gefüllt. Bis 1788 hatte man 18 Kegel mit einem Aufwande von ca. 18 Mill. Livres hergestellt; inzwischen hatten sie aber gegen den Wellenschlag nicht hinreichenden Widerstand gezeigt, sie wurden nacheinander allmählig beschädigt und zerbrochen. Da entschloß man sich, mit Zuhülfenahme der noch vorhandenen Steine der Kegel sogleich einen vollen Steindamm zu schütten. Man fuhr darin mit einzelnen Unterbrechungen fort, die Steine nahe der Küste brechend und zu Schiff herbeiführend, bis der fast 4000 Meter lange Damm, stellenweise bis über die höchsten Fluthen, ein mittleres Profil von mindestens 1000 $\square$ Meter Inhalt erreichte, wobei die hintere Böschung ca. 1füßig blieb, auf der vordern Seite aber der Wellenschlag die Steine so lange bewegte, bis sich über dem höchsten Wasser eine $1\frac{3}{4}$ füßige, in dem 7 Meter hohen Intervall zwischen der höchsten Fluth und niedrigsten Ebbe $5\frac{1}{2}$ füßige, auf 5 Meter darunter 3füßige und auf die untersten 7 Meter am Grunde $1\frac{1}{4}$ füßige Böschung gebildet, wonach die Steinmasse mit der Wasserbewegung im Gleichgewicht und das Werk beendet schien. Aber

Fig. 16.

Fig. 17.

nach einiger Zeit fand sich, daß auch in diesem Profil die Steine, selbst von 1—2 Cubikmeter, bei starken Fluthen nicht stabil waren, die Krone des Werks bis zum niedrigsten Wasser blieb der Bewegung unterworfen und wurde allmählig wieder erniedrigt, obgleich mehrmals neu aufgeschüttet, die Steine durch den Wellenschlag hinüber in die Rhede geworfen. Man überzeugte sich, daß hier (bei den Stürmen des Kanals) in der Region des Wellenangriffs zum Gleichgewicht nicht flache Böschung (selbst horizontale), sondern ein größeres Gewicht der einzelnen Steine oder ein gut verbundenes Mauerwerk nöthig sei. Demnach hat man seit 1828 auf dem bis zur Höhe der tiefsten Ebbe reduzierten Damm (der hierbei noch 12 Meter hoch mit 92 Meter Basis und 800 □Meter Profil) aufgeführt:

Fig. 18. 1) ein starkes Mauerwerk von 10 Meter Dicke und 10 Meter Höhe (3 Meter über den höchsten Fluthen);

2) davor (auf der äußern Seite) die Krone des Dammes mit künstlichen Betonblöcken von 10 Centner und die Böschung mit natürlichen Steinen von 1—2 Cubikmeter bedeckt und glaubt nun, die Dauer des Werkes gesichert zu haben. Solcherweise ist der Damm mit dem Schluß 1853 vollendet: Krone 3712 Meter lang, seine Gesamtkosten seit 1783 betragen 67½ Mill. Francs.

Hier ist zu bemerken, daß an manchen andern Orten ähnliche massive Dämme ausgeführt, doch nicht so groß. (Der Meerdamm zu Plymouth in England, 1800 Meter lang, bis 2 Meter über niedrige Ebbe reichend, die wie vorher 12 Meter über dem Grunde, Steinschüttung mit 120 Meter Basis und 1300 □Meter Profil, wurde in seiner breiten horizontalen Oberfläche noch bewegt. Man hat nachher seine Krone noch bis zum höchsten Wasser erhöht, jedoch flach gekrümmt und mit dicht gefügten und verklammerten Quadern bedeckt.

Dagegen zu Kingstown in der Nähe von Dublin (Irland) sind Dämme von Steinschüttung, die auch fortwährend beschädigt, bis darauf Mauern, wie Cherbourg, gestellt wurden.

Fig. 15. Durch den Cherbourger Damm ist eine sichere Rhede zum Ankern von 40 Linienschiffen gewonnen, durch Forts vertheidigt, zugänglich bei allen Windrichtungen, was nur noch in Cadix der Fall sein soll.

Seit 1808 ist an der Westseite ein neuer Kriegshafen angelegt, fast ganz in Felsen vertieft und ausgesprengt.

Er besteht in dem Vorhafen *a* ca. 300 Meter lang, 240 Meter breit, und den 2 Bassins *b* und *c*, ersteres ca. 290 Meter lang, 217 Meter breit; letzteres 420 Meter lang, 220 Meter breit. Der Eingang durch 2 Molen nebst Leuchttürmen gebildet, ist 66 Meter weit; zwischen den Bassins und gegen den Vorhafen sind Schleusen mit Stauthoren nach Innen, um in den Bassins die Höhe der Fluth zu erhalten, zwischen *a* und *c* ist eine Schiffsschleuse, zwischen *a* und *b* ein einfaches Haupt, zwischen *b* und *c* ein Haupt mit doppelten Thoren (nach beiden Richtungen), sämmtlich 18 Meter weit. Neben *a* und *c* sind mehre Schiffsdocken, bei *c* 6 Stück, und Kielplätze, bei *c* 7 Stück. Die Mauer an der Rhede, ganz von Quadern aufgeführt, auf Beton gegründet, reicht 10 Fuß über das höchste Wasser, die andere (nur erhöht) 6 Fuß. Die Tiefe ist überall 30 Fuß unter dem niedrigen Wasser; da das Intervall der

Aequinoctial-Springfluth (die gewöhnlich 12 Fufs) = 22 Fufs, so ist also der äußere Kai zusammen 62 Fufs, die übrigen 56 Fufs hoch.

Die Anlage dieses Kriegshafens nebst Arsenalen, noch nicht vollendet, das Ganze umgeben mit Festungsmauer, soll bereits an 100 Mill. Francs gekostet haben.

Der Handelshafen, älter, jedoch neuerdings verbessert, besteht aus dem Vorhafen *d* mit Hafenstraße, dem Bassin *e* mit Schleusenhaupt, an beiden Werfte und Spülungsanlagen, die das Flüschen Divette mit benutzen. *d* ist 360 Meter lang, 190 Meter breit; *e* 400 Meter lang, 130 Meter breit, für ca. 240 Schiffe, die Schleuse zwischen beiden 13 Meter weit. Die Hafenstraße 50 Meter weit, wird durch 2 resp. 240 Meter und 500 Meter lange Einfahrtsdämme gebildet, früher von Steinschüttung, jetzt bis über höchstes Wasser gemauert. Der Spülbusen faßt 180,000 Cubikmeter und dient noch zum Einlegen der Schiffsbauhölzer.

Die Küsten Englands sind für die Hafenanlagen theilweis wohl günstig; so haben die 2 Kriegshäfen Portsmouth und Plymouth vortreffliche Rheden, Schutz, Wassertiefe, Ankergrund und wenig Verlandung. Portsmouth hat die natürliche Rhede bei Spithead, die Rhede Plymouths ist durch einen großen Meerdamm geschützt; diese beiden Häfen, im Kanal, ferner Chatam im Flusse Medway sind die 3 größten Kriegshäfen Englands, außerdem ist das größte Arsenal für Land- und Seekriege zu Woolwich vor London.

Die Handelshäfen aber, die überall Privatunternehmung, sind nur weniger mit ergänzenden Anlagen behufs eigentlicher Sicherheits- oder Zufluchthäfen versehen; sie zeichnen sich vielmehr durch ihre großartigen Bassins oder Docks (d. h. Wasserdocks) aus, die größtentheils seit Anfang dieses Jahrhunderts mit den beträchtlichsten Kosten erbauet, ausgedehnter als irgendwo und aufs solideste und reichste ausgestattet; so in London, das bis 1800 nur die offene Themse als Hafenraum hatte, sind seitdem hergestellt: die Westindiendocks, Ostindiendocks, Londondocks, Katharinendocks und noch neue, so groß, daß darin viele hundert Schiffe aufgenommen werden, mit Schleusen in sich und nach der Themse, die ihnen als Vorhafen dient, verbunden (wodurch zugleich Fluthhöhe und Spülung), die aber ferner mit ihren Kai-Anlagen, umgebenden Speichern, Schuppen, Bureaus, Werkstätten besondere große Stadttheile bilden. Diese Speicher sind sodann, zweckmäfsig organisirt, die Hauptniederlagen des gesammten Handels, man rechnet hier auf 1 Schiff Dockraum 50,000 □ Speicherraum. Gesamtanlagekosten an 10 Mill. £.

Aehnlich in Liverpool, Hull u. s. w.

Behufs der Sicherheitshäfen, die wir vorzugsweise erörtern, sind bis vor neuerer Zeit größere Arbeiten nur zu Ramsgate und Liverpool ausgeführt, weniger (und schon früher) bei Dover, anderwärts wenig. Sodann um als Zuflucht für die auf der See in Gefahr befindlichen Schiffe zu dienen, ist fast überall die beträchtliche Fluthhöhe ein wesentliches Hinderniß, indem die Schiffe bei niedrigem Wasserstand nicht die nöthige Fahrtiefe finden und nur bei der Fluth einlaufen können. Zwar dienen als Ersatz für gewisse Winde verschiedentliche Buchten und Flußmündungen zur Zuflucht, gewähren aber nicht genügende Sicherheit, besonders wegen des Wechsels der Winde.

Demnach und bei der zunehmenden Schifffahrt hat es bisher an den verschiedenen Küsten an hinreichenden Sicherheitshäfen gefehlt.

Am ersten fühlbar wurde dieser Mangel für die lebhaftere Schifffahrt des Kanals, und zwar an der Küste östlich von Portsmouth. Zwar geht hier das günstige Fahrwasser längs der englischen Küste, während an der französischen Klippen und Bänke, und die herrschenden Winde wehen von Nord, also für die englische Küste ohne Gefahr, für die französische gefährlich. Wie indessen an der Küste östlich von Havre und bis in die Nordsee die Ablagerungen von Kiesel und Sand lästig und die Häfen und Flußmündungen verstopfen, so ist dies auch an der gegenüber liegenden englischen Küste der Fall, und finden danach die Schiffe zur Zeit der Gefahr um so weniger genügenden günstigen Hafen, auch Dover war wenig zugänglich.

Am meisten erschien eine Zuflucht nöthig an der östlichen Spitze Englands, wo die Richtung der Fahrt gegen den Wind sich ändert. Hier sind im Meere ausge dehnte Sandbänke und Dünen, zwischen denen, wie in einer Rhede, die Schiffe zwar ankern und einigen Schutz finden können, aber bei Sturm halten dann die Anker nicht fest, und die Schiffe sind um so mehr gefährdet. Zur Abhülfe dieses Mangels wurde 1750 bis 1792 der Hafen von Ramsgate erbauet, ganz in das offene, jedoch nicht tiefe Meer, mit einer Mündung nach den Dünen, die gegen Südwest und in einiger Entfernung liegen. Da der Fluthstrom von Südwest kömmt und eben daher die gefährlichen Winde, so können die in den Dünen ankernden Schiffe, bei der Gefahr unter Segel gehend, den Hafen gut erreichen, und das Auslaufen ist bei jedem östlichen Winde zu bewirken. Der Hafen ist allein ein Sicherheits- oder Zufluchtshafen (ohne Be- und Entladen der Schiffe), daher seine Grundrißform passend. Er wird gebildet durch den westlichen Molo, den östlichen und als Verlängerung dessen den vordern Molo *d*; die normale Einfahrt ist hier 200 Fuß weit. Die vom Ufer abgehende Hälfte des westlichen Molo ist von Holz (Kistwerk), alles Uebrige von Mauerwerk mit Senkkasten auf dem natürlichen Boden gegründet. Der Grund des Hafens ist nur ca. 7 Fuß unter dem niedrigsten Wasser, an einigen Stellen noch weniger tief, so daß die größern Schiffe nur bei der Fluth ein- und auslaufen, was hinreichend, und bei der Ebbe nicht flott bleiben; die seichteren Stellen dienen zum Auslaufen der der Haltung beraubten Schiffe, wozu das Erdreich passend. Am Ufer ist durch Mauern das Spülbassin abgeschnitten, um das Fluthwasser zurückzuhalten und bei der Ebbe damit den Hafen zu spülen; dazu 6 Spülschleusen und in der Mitte 1 Schleusenhaupt *b* für Schiffe, die in dem Bassin flott bleiben. Am Bassin ist eine Schiffsdocke *c* nebst Magazin etc. Der Niederschlag im Bassin, der gering, wird von Zeit zu Zeit durch Baggern etc. entfernt.

Wie die Lage des Hafens vortheilhaft, so ist auch seine Einrichtung zweckmässig, wenn auch als großer Zufluchtshafen jetzt nicht mehr genügend; aber die Ausführung geschah empirisch ohne Plan und Verständniß, bis Smeaton die Anlage verbesserte und beendigte. Die allmäligen Erfolge sind als lehrreich anzuführen. Man begann 1750 damit, die 2 Molen parallel ins Meer zu führen (willkürlich von Holz- und Mauerwerk); es zeigte sich aber dazwischen eine Verlandung, und um diese zu verhüten, convergirte man die Molen 1754, dann 6 Jahr Stillstand

und unschlüssiges Weiterbauen, endlich näherte man die Molen 1771 zu einer Mündung von 300 Fufs. Aber die Verlandung nahm trotz lebhaften Baggers fortwährend zu, man erstaunte und würde vorhergesehenen Falls die ganze Hafenanlage wahrscheinlich unterlassen haben. Smeaton erklärte richtig: der Schlicksand wird von der Fluth herbeigeführt, bei der frühern Unruhe des Wassers schwebend erhalten und mit der Ebbe zurückgenommen, jetzt aber fällt er im ruhigen Wasser nieder, so daß die Ebbe ihn nicht fortnehmen kann, wie dies in allen Häfen, die Ebbe und Fluth. Er verfiel auf das Hilfsmittel der Spülung, und zwar sollte bei dem Mangel eines Binnenwassers, das Fluthwasser in 2 Bassins zurückgehalten, je eins das andere, beide aber den Hafen spülen. Nach einem kleinlichen Versuch, ob Spülung wirksam, wurde anstatt der zweckmäßigen 2 Bassins 1777—81 nur eins mit den Schleusen, wie noch bestehend, ausgeführt, dem später, als zur Aufnahme der Schiffe, die Schiffsdocke etc. zugefügt. Die Spülung gelang, indem nach Smeaton mancherlei Verbesserungen an den Schleusen, den Bettungen und Anlagen zur Leitung der Wasserströme, zum Schutz der Schiffe und Fundamente ausgeführt. Da aber durch die Spülströme und in Verbindung mit den äufsern Wellen eine lästige Wasserbewegung im Hafen, besonders in der westlichen Ecke, so wurde 1779 das Bassin an der Westseite etwas verkürzt, bei *a*, und hier eine Oeffnung durch den Molo gemacht, welches half. Endlich 1788—92 der vordere Molo *d* ausgeführt, der die Einfahrt auf 200 Fufs beschränkte und die äufsern Wellen abhielt. Hierbei machte Smeaton zuerst Anwendung von der Taucherglocke in der noch jetzt gebräuchlichen Einrichtung.

Veranlaßt durch die an den verschiedenen Küsten mit der zunehmenden Schifffahrt häufiger vorkommenden Beschädigungen und Brüche der Schiffe hat die Regierung seit 1845 mit Anlage großartiger Sicherheitshäfen begonnen, im allgemeinen Interesse und die Kosten übernehmend, die von den Privatgesellschaften nicht zu tragen. Nach der hierüber von Hagen gemachten interessanten Mittheilung (Zeitschrift für Bauwesen 1853, Heft 5—8), wovon hier einzelne Notizen entnommen, bestehen diese Ausführungen jetzt in folgenden:

An der Westküste ein neuer Sicherheitshafen zu Holyhead.

An der Ostküste Vergrößerung des Hafens Harwich durch einen neuen Hafendamm und bedeutende Baggararbeiten.

Im Kanal ein neuer Sicherheitshafen zu Dover, ein desgleichen bei Portland durch 2 Meerdämme gebildet, die ca. 600,000 £. kosten; ferner auf den nahe der französischen Küste liegenden englischen Inseln Jersey und Alderney werden resp. dem Hafen St. Katherine's 1 Meerdamm zu 700,000 £. und dem von Braye 2 dergleichen zu 620,000 £. hinzugefügt.

Der Hafen bei Holyhead, auf der Insel Anglesea, die vom Festland durch Fig. 20. die Meerenge Menai getrennt, bildet den Endpunkt der Chester-Holyhead-Eisenbahn, welche mit der berühmten Röhrenbrücke über den Menai führt, und geht von hier, namentlich für Personenverkehr, die hauptsächliche Schiffsverbindung mit Irland nach dem Hafen Kingstown, von wo Eisenbahn nach Dublin.

Seit 1808 war hier ein kleiner vollständiger Hafen hergestellt, der aber für den zunehmenden Verkehr und für Kriegsschiffe nicht genügte, auch geringe Wassertiefe,

schlechten Ankergrund hat und so namentlich nur als gewöhnlicher Hafen, nicht als eigentlicher Zufluchtshafen (mit Rhede oder künstlicher Rhede) dienen kann. Deshalb die neue Anlage. Anstatt den alten Hafen zu vergrößern, zieht man vor, ihn ungestört zu lassen, und neben ihm westlich einen neuen größeren und günstigeren Raum hinzuzufügen, der durch 2 von dem Ufer (Felsufer) ausgehende große, massive Dämme eingeschlossen. Der ganze Raum bei niedrigstem Wasser 316 acres (= 501 Morgen), wovon die Hälfte bei niedrigstem Wasser mindestens 30 Fuß tief. Ziemlicher Ankergrund, Mündung nach Osten, so daß Hafen und Eingang gegen die herrschenden westlichen und nördlichen Winde geschützt, gegen Süden schützt das Land. Dagegen dürfte bei Westwind und bei Fahrt von Westen her das Einsegeln schwierig sein; die Mündung deshalb 900 Fuß weit, vielleicht künftig etwas geringer. Ferner im Innern des großen Raums starker eigner Wellenschlag, und durch die Mündung, deshalb nur vor Anker (also eigentliche Rhede); dagegen sollen künftig im Innern noch geschützte Theile hinzukommen. Ob Versandung der Mündung durch die Fluth- und Ebbeströme, wird sich erst künftig zeigen; sie dürfte aber nicht beträchtlich und durch Baggerung fortzuschaffen sein, ebenso innere Verschlammung (Spülung wäre unwirksam). Die beiden Meerdämme (der westliche 5060 Fuß englisch lang) kosten 700,000 £., werden wie der jetzige Cherbourger Damm. Wasserwechsel bei Aequinoctial-Springfluth 26 Fuß; bis zu dieser Ebbe Steinschüttung, die 40—48 Fuß tief, auf wenig Thon, darunter Felsgrund, darauf geböschte Mauer immer bei niedrigem Wasser aufgeführt; nur die Köpfe des Eingangs erhalten 30 Fuß tiefer reichende Mauern, die mit Hülfe der Taucherglocke; darauf 2 Leuchthürme.

Die Steine zum Schütten werden von dem Holyheadberge nahe der Küste gebrochen und auf Eisenbahnen herangeschafft, die unmittelbar, 12 Fuß überm höchsten Wasser hoch, auf einem nach der Länge des Dammes angebrachten Gerüst fortgehen. Spurweite 7 Fuß, Wagen zum Kippen mit Blechkasten, Locomotiven ohne Tender. 2 Gleise für hin und zurück, mittelst Weichen am Berge in 80, auf dem Gerüst in 5 Zweige theilend. Akkord an 1 Unternehmer nach Cubikinhalte (à S. R. 4 Thlr.), wozu die beladenen Wagen gewogen. Die beladenen Wagen laufen von selbst herab, bis zum Gerüst gebremst, hier mit Locomotiven geschoben, welche auch die leeren Wagen zurückführen. Das Aufladen mit Krahn auf Wagen, und Kette um den Stein; kleine mit freier Hand. Beim stärksten Betrieb 12 Locomotiven, täglich 450 S. R. rhl. geschüttet. Zum Gerüst werden in 25 Fuß Abstand Pfahljoche gestellt, je von dem fertigen Gerüst aus vorschreitend und bei ruhigem Wetter; auf der Spitze des Gerüsts steht Krahn auf Wagen mit 40 Fuß langem Ausleger, womit die einzelnen Pfähle (ca. 80 Fuß hoch) gesetzt, an jeden zuvor oben eine horizontale hochkantige Bohle genagelt; diese giebt leichte Rüstung zum Uebergehen, worauf Rammen, Aufbringen des Holms und der Straßbalken. Die Pfähle ganz freistehend, erhalten unten durch einige Steinschüttung Halt; die 6 vordern Joche vom Holm nach beiden Seiten Zugstange an ausgeworfenem Anker; sonst keine untern Verbindungen, um den Wellen keinen Widerstand zu geben. Die Gleise zum Kippen offen, zwischen je 2 Gleisen Fußweg. So die Schüttung in ziemlich horizontalen Schichten, jedoch der Länge nach in Theilen; von oben herab kräftig gestürzt (ununterbrochen von

Wasserstand und Wind), und die Wellen rütteln in festere Lage. Da die Schüttung nicht mit so flachen Böschungen möglich, so anfänglich höher geschüttet, um nachher bei niedrigem Wasser damit die Böschungen zu verflachen. Die Pfähle später über der Schüttung (Höhe der niedrigsten Ebbe) abgeschnitten, doch können die äufsern noch als Laufkrahnen für die Mauern dienen. Die Mauer zusammen 33 Fuß hoch (bis 7 Fuß über höchste Fluth) und hier 40 Fuß breit; darauf noch auf der äufsern Seite 7 Fuß hohe und starke Brüstungsmauer, um das Ueberschlagen der Wellen abzuhalten, wohinter Hilfsleistung. Das ganze auf beiden Seiten mit grofsen Quadern gehörig hintermauert eingefafst, im Innern die Steine dicht doch trocken gepackt. Aufführung je bei niedrigem Wasser mittelst Laufkrahnen u. s. w.

Der Hafen zu Dover ist wichtig zur kürzesten Verbindung mit dem Continent, namentlich zum Personen-Verkehr mit Calais und Ostende, wozu von Dover aus Eisenbahn, ferner als militairische Position, aber nicht als Handelshafen, und war als Zufluchtshafen, obgleich solcher hier bei der lebhaften Schifffahrt dringend wünschenswerth, bisher nicht geeignet. Schon frühe waren hier in einer Bucht einige Hafen-Anlagen; zu Anfang des 16. Jahrhunderts wurde zum Schutz gegen Süden ein ca. 2000 Fuß langer Damm ausgeführt, bestehend aus 2 Pfahlreihen, wozwischen Steine; hierdurch ist sehr nachtheilig, durch Unterbrechung des Ebbestroms, Verlandung herbeigeführt. Seitdem sind verschiedentliche Anlagen hinzugefügt zur Verbesserung, weitere Umschließung, Spülung, Abtheilung zweier Bassins mit Schleusen etc., namentlich auch in jetziger Zeit. Außerdem aber wird jetzt neben diesem Hafen südlich ein grofses Sicherheitshafen angelegt, 520 acres (= 830 Morgen) grofs, mit Dämmen eingeschlossen, worin der Haupteingang südlich 700 Fuß weit, und außerdem wahrscheinlich östlich eine zweite Mündung 150 Fuß weit gelassen, letztere zum Ausgang der Schiffe bei Westwind. Der Eingang weit genug zum Einsegeln, doch nicht weiter, um die Unruhe im Innern nicht zu vermehren. Abgesehen davon war auch vorgeschlagen, die Dämme mehrfach zu unterbrechen, um die Strömungen durch den Hafen zu führen, zum Aufräumen, und den bisherigen Gang der Sinkstoffe ungeändert zu lassen, so dafs sie nicht im Innern und vor dem Eingang sich lagern. Da aber dann der Zweck des Hafens, Schutz, zu wenig erreicht und jedenfalls im Innern durch Ausbreitung geringere Strömung, wonach die durchgeführten Sinkstoffe sich beträchtlicher ablagern, so ist dichte Umschließung zweckmäfsiger. Die Kiesel, deren Gang von West nach Ost, werden sich vor dem westlichen Damm lagern, jedoch lange Zeit, bevor sie den Eingang erreichen; dann müssen weitere westliche Anlagen zum fernern Auffangen geschehen. Die Verschlammung im Innern, gröfser je nachdem das Fluthwasser trüber, jedoch immer nur gering, ist zeitweise zu baggern. Spülung würde für den grofsen Raum unwirksam sein.

Die Schiffe können nur wieder durch Anker befestigt werden (Rhede).

Die Dämme sollen hier gänzlich durch eine bis auf den Meeresboden (Felsgrund) hinabreichende starke Mauer mit steilen Böschungen gebildet werden, eine

Bauart, die auf solche Tiefe hier zum ersten Mal ausgeführt. Hauptsächlich veranlaßt zur Material-Ersparung; da dauerhafter Stein nur in großer Entfernung, also theuer, ist sie weitere Ausdehnung der Construction des Cherbourger und des Holyheader Dammes, wo Mauer von der niedrigsten Ebbe an. Sie hat sich aber nicht nur wohl ausführbar gezeigt (mit Hülfe der Taucherglocke), sondern auch den Angriffen des Meeres gut widerstanden, erscheint daher sehr vorthellhaft. Bis jetzt wird ausgeführt der westliche Damm, 800 Fufs lang, zu 245,000 £. veranschlagt; Wasserwechsel der Springfluth 19 Fufs, Tiefe bis 31 Fufs darunter, Höhe der Krone 10 Fufs darüber, Summa 60 Fufs; hier Dicke ca. 44 Fufs, mit $\frac{1}{4}$ füßigen Böschungen hinab; darauf Fußweg, Fahrweg und Eisenbahn, nach dem Meer 14 Fufs Dicke, 12 Fufs hohe Mauer, worauf Fußweg und äußere 3 Fufs hohe Brustmauer, zur Hülffleistung. Diese Höhe, um das Ueberschlagen der Wellen zu verhüten, dazu auch äußere Kehle, welche die Wellen zurückwerfen soll. Die Mauer im Uebrigen zum Anlegen der Schiffe etc. als Kai eingerichtet, mit Vorsprüngen, Kränen, Treppen etc.

Das Innere der Mauer aus Betonblöcken, 6 Fufs lang, $4\frac{1}{2}$ Fufs breit, 4 Fufs hoch, 2 Monat getrocknet (dafür waren auch zweckmäßig Blöcke aus Ziegeln gemauert vorgeschlagen); im Aeußern auf beiden Seiten, wo Beton nicht haltbar genug, ebenso hohe Quaderschichten, überall mit Laufkränen und Taucherglocke versetzt.

Als ein regelmäßiger vollständiger Vorhafen wird hier noch der ganz neu bei Grimsby am Ausfluß des Humber angelegte, mitgetheilt. Der bisherige, wohl angemessene Hafen liegt eine Strecke flussaufwärts, wohl geschützt. Nach Erbauung der Great-Northern-Eisenbahn hat man aber noch die Kehlen des neuen Hafens angeordnet, theils zur Vergrößerung, besonders aber um die Eisenbahn bis nahe dem Meere zu verlängern und die hier langsamere und beschwerlichere Schifffahrt abzukürzen. Die Einrichtung, die namentlich unsern frühern Lehren entspricht, nach der Skizze.

An den Küsten Irlands sind seit 1820 verschiedene kleinere Meerdämme ausgeführt zur Darstellung resp. Verbesserung von Sicherheitshäfen.

Von Calais an längs den Niederlanden und Deutschland ist die Seeküste flach (als Strand). Hier sind die Häfen, in natürlichen oder künstlichen Vertiefungen des sonst wasserfreien oder erhöhten Landes, gewöhnlich beträchtlich von der Grenze des tiefen Meeres entfernt. Zur Verbindung dient die Hafenstraße, durch die Hafen- oder Einfahrtsdämme begrenzt, wie dies früher allgemein erörtert ist, Fig. 8, und wobei im Uebrigen der Hafen wie sonst. So: Ostende u. s. w., Delfzyl, Emden, Kuxhafen, Brunshausen, auch bei Häfen in Flußmündungen.

Dieselbe Anordnung ist auch an andern Orten, die selbst an sich höheres Ufer, aber vordere Ablagerung von Sand und Kiesel haben, z. B. Havre etc.

Die Hafenstrasse, vor der öfters eine Rhede, dient mit als Vorhafen und können die Schiffe mit gewisser Geschwindigkeit einlaufen und zur Ruhe kommen. Die Tiefe muß fast immer durch Spülung vom Hafen aus unterhalten werden, wozu die Dämme zweckmässig. Wo, wie in der Ostsee, keine oder geringe Fluth, aber abweichend vom mittelländischen Meere, zugleich flaches Ufer, ist auch eine Hafenstrasse nöthig, die aber nicht durch Spülung, dagegen zweckmässig durch Strömung zu vertiefen (s. später), sonst Baggern. Die Zwecke der Einfahrtsdämme sind überhaupt: 1) Erhaltung der Fahrtiefe; 2) Schutz gegen Wellen und Wind; 3) auch Hilfsleistung für die Schiffe, als Kai und Passage. Zum Spülen ad 1. brauchte die Höhe nur wenig über niedrig Wasser zu sein, weil nur bei der Ebbe gespült wird; dagegen wegen der 2 andern Zwecke müssen die Dämme höher, wegen 3 mehre Fufs (6—8 Fufs) über die höchsten Springfluthen reichen, und sind sie gewöhnlich in solcher Weise gleich sonstigen Hafendämmen ausgeführt, Fig. 8. Hohe volle Dämme bewirken aber, wie früher angegeben, eine nachtheilige Veränderung in der Bewegung des Sandes und der Kiesel längs der Küste und Anhäufung derselben bis vor die Mündung, wozu wohl Verlängerung etc.; defshalb ist es zuweilen besser, die Dämme nur auf die erste geringe Höhe bis zur Ebbe als volle Masse herzustellen, Fig. 9, die die frühere Bewegung des Wassers und der Sinkstoffe wenig behindert und die natürlichen Verhältnisse möglichst ungeändert läßt, wobei sie aber nicht mehr eigentliche ad 2) schützende Hafendämme sind; ihr vorderer Punkt ist zu bezeichnen; um das Auflaufen der Schiffe bei der Fluth zu verhüten, oder um zugleich die Bedingung ad 3) zu erfüllen, wird auf dem Damm durchgehends und bis zu der größern Höhe reichend eine offene Holzverbindung aufgestellt. Diese Bauart ist zu Ostende und einigen holländischen Häfen angewendet, zweckmässig da, wo schon sonst genügender Hafenschutz und wo die Sinkstoffe nicht sehr bedeutend und nur Sand (nicht Kiesel) sind, der durch die Küstenströmung zum Theil in die Hafenstrasse geworfen, daraus immer leicht durch die gewöhnliche Spülung wieder entfernt werden kann. Es ist solche Anlage, die auch billiger, wegen der Wellen gut, die in die Hafenstrasse nach deren Länge einlaufen, indem diese auf ihrem Lauf bis zum Hafen bei vollen Dämmen ungeschwächt bleiben, durch das qu. Holzwerk aber sich ausbreiten und geschwächt werden.

Verschieden von diesen flachern Häfen und sehr günstig ist der Hafen Het Nieuwe Diep (Neue Tief) in Nordholland, der Kriegshafen Hollands, zugleich Handelshafen. Das Marsdiep, Meerenge zwischen dem Helder (Ortschaft an der Spitze Nordhollands) und der Insel Texel, sehr tief durch die starke Fluth- und Ebbeströmung, die von der Nordsee in den Zuidersee und zurückgeht, ist seit frühe die Hauptfahrstrasse des Zuidersees und seiner verschiedentlichen Handelshäfen, bis Amsterdam. Der Raum am Helder ist dazu Rhede, obgleich nicht genügend geschützt; das Ufer mit Conçaven und fast 100 Fufs Wassertiefe ist durch die Strömung stark angegriffen, starke Befestigung erfordernd; an das Ufer schliessen sich westlich die Dämme.

Oestlich vom Helder bis zum Zuidersee ist flaches Sandland, etwa 2 Fufs über ordinaire Ebbe, bei 5 Fufs mittlerem Fluthwechsel. Auf diesem hatte sich durch Auf- und Zurücklaufen des Wassers ein flacher Busen gebildet, vom Marsdiep aus

landwärts. Und diesen Busen nun hat man zu dem gedachten großen Hafen umgeschaffen, indem zunächst auf merkwürdige Weise die nöthige Vertiefung allein durch zweckmässig geleitete Ebbeströmung bewirkt ist. Veranlaßt dazu durch das Bedürfnis eines tiefern Kriegshafens, hielt man diese Stelle, die auch sonstige Vortheile bot, vorzugsweise für die gedachte Art der Austiefung geeignet, die denn auch von 1782 an binnen einigen Jahren gelang, durch verhältnissmässig einfache Anlagen, die ebenso verständig und sicher entworfen, wie vortheilhaft und billig ausgeführt sind.

Es wurde nämlich östlich an dem Busen ein Leitdamm *bcd* und von hier der Fangdamm *de* hergestellt, beide bis zur Höhe der ordinären Fluth, also circa nur 3 Fuß hoch, ersterer 1100 Ellen, letzterer 3375 Ellen lang (1 Elle = 1 Meter); danach fließt die Fluth wie sonst, den Raum hinter dem Fangdamm seitwärts füllend, aber bei der Ebbe wird das Wasser hier zurückgehalten und gezwungen, allein durch das Neue Tief zurückzufließen, verstärkt und nachhaltig. Indem anfangs zugleich einige festere Bänke gebaggert, stellte sich so eine für Linienschiffe reichliche Tiefe dar, die auch durch die Strömung ferner erhalten bleibt. Beide Dämme sind 1782 ausgeführt, mit Ausnahme einer Verlängerung des Fangdammes bis *e*, die 1785 geschah.

1791—92 wurde das neue Werk *D* (mit Kielplätzen etc.) hergestellt und der Leitdamm *df* ausgeführt, um bis hierher den Hafen zu verlängern, der sich in gleicher Weise austiefte.

Der ganze Hafen ist sonach ca. 2000 Ellen lang, im Mittel 150 Ellen breit; die Mündung am Marsdiep, ca. 120 Ellen, wurde schon früher durch das starke Wierhöft *a* befestigt; südlich ist der Hafen als Busen geendigt, indem die Tiefe in das Sandland ausläuft.

Der Leitdamm wurde flach aus Faschinen und Steinen erbaut, der Fangdamm als Schirmhöft (Spundwand), wogegen an beiden Seiten Steinschutt, zusammen $8\frac{1}{2}$ Ellen breit, da er gegen das Binnenwasser gleich anfangs Dichtigkeit verlangt. Es haben diese Dämme zusammen ca. $\frac{1}{2}$ Million Gulden gekostet.

Da jedoch der Hafen auf der Ostseite nicht genügenden Schutz gegen die höheren Wellen hatte, so wurde 1829 der ganze Leitdamm zu einer flachen Betung, in der Höhe der ordinären Fluth, ergänzt und darauf ein Damm, $2\frac{1}{4}$ Ellen hoch mit $1\frac{1}{2}$ Ellen Krone und 2füßigen Böschungen gesetzt, aus Meerkies mit Klai, Steinschutt und 1 Fuß dicken Steinen bedeckt.

Die Westseite des so dargestellten Hafens wurde zunächst gegen die Strömung der Concave mit Buhnen geschützt, und mit einigen Ladebrücken zum Anlegen der Schiffe versehen. Seit 1812 sind aber auf der Westseite großartige Binnenhäfen mit zugehörigen Etablissements hergestellt; hierzu ist die ganze Hafenseite mit Kai aus steilem Faschinenwerk eingefasst bis 1 Elle über ordinaire Fluth, dahinter ein $1\frac{1}{2}$ Elle höherer Hafendamm mit 15füßiger Vorderböschung und $9\frac{1}{2}$ Ellen Kronenbreite gesetzt, und das weitere Terrain mit dem Kai gleich hoch (1 Elle über Fluth) aufgeführt; die Erde wurde durch Ausgrabung der Binnenhäfen gewonnen, die getrennt bestehen in 1 großen Handels- und 1 Kriegshafen mit Bassin; das Bassin *h* ist 311 Ellen lang, 133 Ellen breit. Mit verschiedenen Schleusen; die des Kriegs-

hafens sind 17 Ellen weit, $7\frac{1}{2}$ Ellen unter ordinairer Fluth tief. In den Handelshafen mündet der große nordholländische Kanal, und führt von hier ein kleinerer Kanal nach dem Helder.

Der Hafen (nunmehr Vorhafen) ist außerordentlich günstig: durch seine Geräumigkeit, wobei er doch nach allen Seiten gut geschützt und durch geringe Breite keine eigenen Wellen liefert, ferner durch seine dauernde Tiefe und gute Zugänglichkeit. Auch ist seine Lage an der offensten See besonders als Kriegshafen wichtig. Man könnte als 2 Mängel angeben: daß die starke Ebbeströmung, besonders an der sehr gekrümmten Concave, das Ufer angreift und die Schiffe belästigt; ferner, daß die Ein- und Ausströmung den Strömungen des Marsdieps entgegengerichtet, wonach Stau, Wirbel und Ablagerung folgen müßten; doch hat Beides, überwogen durch die erlangten Vortheile, sich nicht als bemerklicher Nachtheil herausgestellt.

Der Hafen von Amsterdam, südlich des Zuidersees und an dessen Verbindung mit dem Haarlemer Meer gelegen, war früher wenig zugänglich, da die Seeschiffe im Zuidersee vielfach geringe Wassertiefe fanden. Demnach ist der große nordholländische Kanal erbauet (beendet 1826), der den Amsterdamer Hafen mit dem beschriebenen Hafen Het Nieuwe Diep verbindet, zum Passiren der Seeschiffe, so daß letzterer indirect der Handelshafen von Amsterdam geworden.

Die Stadt Emden in Ostfriesland am Ausfluß der Ems in die Nordsee, welche hier den Meerbusen Dollart bildet, hat seit früher Zeit einen Seehafen mit Fig. 24. vormals wichtigem Seehandel; der Hafen in 2 Theilen, der Rathsdelf oder Hafen und Falderndelf sich in die Stadt erstreckend, hier mit weitem Kanälen und mit 4 Sielen *g* verbunden ist, die sowohl zur Spülung, wie zur Entwässerung (nebst Abhaltung der Fluth von den niedern Stadttheilen, *f* bewegliche Brücken) dienen. Früher floß die Ems unmittelbar an der Stadt vorbei, bei *a*, die Hafenmündung aufnehmend; durch allmälige Verlandung ist sie aber jetzt ca. $\frac{1}{2}$ Meile zurückgewichen, bis *b*, und das Fahrwasser zur Verbindung des Hafens mit der Ems hat in einem gekrümmten Kanal nur mit Mühe und mangelhaft offen erhalten werden müssen, auch das freie Terrain *k* stets wieder verlandet; außerdem war durch den offenen Eintritt der Fluth in den Hafen die Stadt der Ueberschwemmung ausgesetzt. Zur Verbesserung dieser Mängel sind in der letzten Zeit folgende Anlagen ausgeführt:

1) ist ein neues Fahrwasser geradlinigt vom Hafen bis zur Ems *bc* vertieft, 970 Ruthen rheinl. lang, 14 Fuß unter ordinairer Fluth tief, oben 120 Fuß breit, unten 56 Fuß breit.

2) Auf ca. $\frac{1}{3}$ dieser Länge von der Ems, bei *c* sind 2 Schleusen, resp. 34 und 24 Fuß rheinl. weit erbauet, für die Schiffe und zum Spülen, bis 14 Fuß über Fluth hoch, jede einfaches Haupt mit Fluth- und Ebbehoren zum Spülen eingerichtet.

3) Von der Schleuse bis zur Stadt, auf der Westseite des Fahrwassers, ist ein Hauptdeich *abc* angelegt, 14 Fuß über ordinaire Fluth hoch, während von der Schleuse in östlicher Richtung sich nur der Anschluß *e* an einen schon bestehenden Polderdeich 14 Fuß hoch erstreckt, und war hier längs des Fahrwassers nur ein Kaideich 5 Fuß über Fluth nöthig.

Durch die Schleusen nebst Haupt- und Polderdeich werden die hohen Fluthen

(Sturmfluthen) abgehalten, durch die Siele wird das Binnenwasser abgeführt und zugleich der Hafen nebst dem Fahrwasser bis zur Schleuse gespült, mittelst letzterer aber der vordere Theil des Fahrwassers bis zur Ems. Dadurch wird eine grössere Tiefe als früher erhalten, 14 Fufs, und laufen die Schiffe nur bei der Fluth aus und ein, jedoch hat bisher noch durch Schlickpflug und Baggern nachgeholfen werden müssen. *h* Bahnhof, *i* Bassin.

Das Project zu dem preussischen Kriegshafen am Jahdebusen ist noch nicht bekannt geworden.

Der Hafen von Copenhagen im Sund ist ein vollständig und zweckmäfsig angelegter.

In der Ostsee (die keine Ebbe und Fluth etc., weshalb auch die Häfen lange Zeit des Jahres durch Eis bedeckt) ist vielleicht der vortheilhafteste aller Häfen der von Kiel, nur bestehend in einer tiefen schmalen Seebucht von beträchtlicher Gröfse, Wassertiefe ohne Verlandung und Ruhe. Aeufserer Theil 2 Meilen lang, $\frac{1}{2}$ Meile breit, dann bei Friedrichsort Mündung 250 Ruthen, von hier bis Kiel eigentlicher Hafen 1 Meile lang, durchschnittlich 400 Ruthen breit, grösstentheils mindestens 6 Faden tief; kein Fluß, der Sinkstoffe hineinführt, dagegen Mündung des holsteinschen Kanals; dicht umgeben durch hohes Land, das vor allen Winden schützt. Entgegengesetzt ist, grösstentheils durch Kunst hergestellt, der starke Kriegshafen von Kronstadt vor Petersburg im finnischen Meerbusen.

Die preussischen Ostseehäfen, auf flacher Küste, haben viel mit Versandung zu kämpfen. Sie liegen grösstentheils in Flußmündungen oder bestehen in diesen Mündungen selbst; die 4 hauptsächlichsten:

Swinemünde für Stettin, am Ausfluß des Haffs der Oder.

Neufahrwasser für Danzig, an der Mündung der Danziger Weichsel.

Pillau, am Ausfluß des Frischen Haffs, für Königsberg am Pregel.

Memel, am Ausfluß des Curischen Haffs und der Dange.

Die Lage an den Flüssen ist sehr günstig für Vermittelung des Binnenverkehrs mit der Schifffahrt; dagegen werden durch die Sinkstoffe der Flüsse die Versandungen hauptsächlich herbeigeführt und vermehrt; gegen sie ist keine Spülung möglich, jedoch sehr zweckmäfsig Vertiefung in der allmähig vorrückenden Küste durch die zusammengehaltene Strömung des Flusses angänglich, im Uebrigen und zur Hülfe ist zu baggern, doch dürfte es überhaupt nirgends möglich sein, die für Linienschiffe nöthige Fahrtiefe darzustellen.

Die herrschenden Winde sind wieder die westlichen, daher auch einige Küstenströmung von West nach Ost.

Der ursprüngliche Hafen von Danzig bestand in der natürlichen Mündung der Danziger Weichsel selbst, wenig geschützt und davor die Versandungen, wobei zu bemerken, daß durch die Halbinsel Hela Schutz gegen die West- und Nordwestwinde, so daß nur die geringern östlichen Winde und danach auch die Ver-

sandungen von Ost-West sich bewegen. Der Strom bahnte sich durch die Sandbänke verschiedentliche aber veränderliche Wege mit Fahrtiefe; zur Sicherung führte man demnächst 2 nordwärts gerichtete einfassende Dämme aus, wozwischen Vertiefung, von Pfahlwerk, nachher aus Steinkisten, allmählig verlängert, wie die Ablagerung vorn zunahm; Anfang des 17. Jahrhunderts so weit, daß man die Festung Weichselmünde erbaute, zur Vertheidigung an der See, welcher Zweck nachher Fig. 25. nach dem Vorrücken der Ufer nicht mehr erfüllt wird. Durch die neuen Sandbänke davor, die nachher die Westerplate gebildet etc., veränderliche Stromrinnen 9 bis 10 Fuß tief. Ende des 17. Jahrhunderts diese aber so verflacht, daß man als Ausgang eine lange westliche Rinne baggerte, woraus ein neuer geschützter Hafen (Neufahrwasser) entstanden ist. Vielleicht wäre es besser gewesen, flussaufwärts in den Sasper-See zu graben, der wahrscheinlich von einem alten Arm der Weichsel herrührt, und von diesem in die Ostsee zu gehen, wodurch auch hinreichendes Hafenbecken, ohne äußere Rhede nöthig zu haben, gewonnen wäre. Dies war auch der Plan Napoleon's. Zum Schutz wurde ferner an der Westseite der alten Mündung ein Werk verlängert, worin Oeffnung für das neue Fahrwasser, das durch Baggerung erweitert, indem zugleich durch die vordere Verlandung (die Schutz) und den darauf gebrachten Baggerschlamm die Westerplate herangebildet. 1720 wurde das Fahrwasser mit Bollwerken eingefast, um den Abbruch zu verhindern, und am Eingang eine hölzerne Schleuse erbauet, um durch Strömung die Verlandung nach beiden Richtungen zu verhüten. Ferner an der neuen Mündung Werke von Steinkisten, durch die Versandungen verlängert, indem zugleich zum Auffangen an der alten Mündung neue Werke. Solcherweise ist auch seit der preussischen Besitznahme 1772 fleißig fortgefahren. 1801—1805 ist die neue Schleuse erbauet, 41 Fuß weit, Drempel 11 Fuß unterm gewöhnlichen Wasser, die gleich der alten, nicht wie sonst verschiedene Wasserstände scheidet, sondern nur des Nachts und bei Sturm (wo keine Schifffahrt) geschlossen wird, um von der See wie von der Weichsel her Durchströmung nebst Einführen von Sinkstoffen zu verhindern. Ferner Baggerung, Ausbildung der Westerplate und Erbauung von Forts zu beiden Seiten des Neufahrwassers. Dies ca. 500 Ruthen lang, 15 Ruthen breit.

Solches waren die Verhältnisse des Hafens bis 1840 (in der Skizze angegeben); sie sind seitdem völlig verändert durch den Durchbruch bei Neufähr, womit die Danziger Weichsel sich eine neue directe Mündung in die Ostsee gebahnt (s. Flußbau). Nachdem dicht unterhalb derselben die Weichsel durch eine Coupirung nebst Schiffsschleuse abgeschlossen, ist sie mit dem Hafen dem Hochwasserstrom, Eisgang und namentlich auch der Versandung gänzlich entzogen, gleichsam zu einem stillstehenden Kanal oder ihr ganzer Raum zu einem Hafenbassin geworden, günstiger als irgendwo: der untere Theil 1600 Ruthen lang, 30 Ruthen breit für Seeschiffe, einschließlich Neufahrwasser 266 $\frac{2}{3}$ Morgen, 16—17 Fuß tief; der obere Theil bis zur Coupirung 2100 Ruthen lang, 30 Ruthen breit, 350 Morgen für Flußschiffe, 6—12 Fuß tief. Es wurde die alte Weichselmündung völlig geschlossen, an Stelle der alten Schleuse ein Verbindungs-Kanal eröffnet (auch die neue Schleuse ist überflüssig); die Dämme von Neufahrwasser verlängert, auf der einen Spitze Leuchtbaake und wo nöthig 16—17 Fuß tief gebaggert. Da die Sinkstoffe der Weichsel in weiter

Entfernung bei Neufähr austreten, so scheint auch der Ausgang von Neufährwasser auf lange Zeit gesichert. Sonach der bedeutendste Hafen Preussens, wozu noch kömmt, daß der Meerbusen bis zur Halbinsel Hela eine günstige Rhede bildet.

Hafen von Swinemünde unterhalb Stettin.

Von den 3 Ausflüssen der Oder: Peene, Swine und Divenow scheint bis Anfang des 18. Jahrhunderts hauptsächlich der erste zum Betrieb der Seeschifffahrt benutzt zu sein. Seitdem ist die Swine dazu ausgebildet, indem durch die Versandungen derselben und durch Sandbänke vor der Mündung die Fahrtiefe vergrößert, nämlich eine Fahrbahn zwischen 2 nördlich gerichteten, allmähig verlängerten Dämmen hergestellt, wozwischen die Wasserströmung zur Vertiefung zusammengehalten wird. Abgesehen von dem Frühern, dessen baare Kosten 790000 Thlr., ist die hauptsächlichste Arbeit dazu und zur Herstellung des Swinemünder Hafens 1818 — 1823 ausgeführt: 2 äußere Dämme in ca. 90 Ruthen Abstand, der östliche 365 Ruthen, der westliche 271½ Ruthen lang, im Grundriß etwas gekrümmt, von Nordnordost-Nordwest (Centrifugalkraft); von Sinkstücken erbauet, Krone 36 Fuß breit, 6 Fuß über gewöhnlichem Wasser, ca. 2- und 4füßige Böschungen, Inhalt ca. 120,000 Schachtruthen, die Sinkstücke allein (ohne Ueberhöhung) 13,400 □ Ruthen, ca. 4 Fuß dick, ihre Gesamtkosten 1,252,000 Thlr. Schon während des Baues hat die Wassertiefe von 7 Fuß allmähig zugenommen, bis 19 Fuß, in der Breite von 36 — 40 Ruthen längs des östlichen Deichs, welche auch bis jetzt geblieben.

Vor der innern 2füßigen Böschung des östlichen Deichs Landungsbrücken in 50 Ruthen Entfernungen; je 11 — 12 Pfähle eingerammt, dahinter mit Faschinen und Steinen ausgepackt.

An der Spitze des längern (östlichen) Dammes eine Leuchtbaake, 38 Fuß über Wasser; Körper von Eisen.

Die einzelnen Untiefen und bis Stettin in der Oder werden zugleich mit Hülfe eines Dampfmaschinenbaggers beseitigt, der 1818 für 60,000 Thlr. beschafft.

Bis Swinemünde gehen jetzt die größten Handelsschiffe unmittelbar (ohne Rhede) in großen geschützten Raum; doch gestattet eine Barre weiter vor dem Eingang selten mehr als 18 Fuß Tiefe; auch ist der Hafen wegen Mangel einer Rhede weniger günstig als Neufährwasser. Durch das Haff und bis Stettin gelangen nur die bis 11 Fuß tief gehenden Schiffe.

Später ist die Verlängerung des westlichen Molo und Erbauung eines 230 Fuß hohen Leuchthturms begonnen.

Vom Bau der Meer- und Hafen-Dämme.

Diese werden sehr verschieden hergestellt; ihre Construction ist entweder:

- 1) Mauerwerk,
- 2) Zimmerwerk (Kistwerk),
- 3) Steinschüttung,
- 4) Faschinenwerk (als Sinkstücke),

sämmtliche selbständig dem Wasserangriff angemessen stark. Auf dem Strande und bei schwächerem Angriff kommen auch die Höfter des Seeuferbaues vor (z. B. Neue Tief); ferner, wie bei Flußhäfen, Erddämme (Emden), wohl befestigt; diese werden hier nicht weiter erörtert.

Die Gründung betreffend, so ist ein gewöhnlicher solider Grundbau (s. I. Abschnitt) nur bis 20 Fuß unter Wasser möglich; bei größerer Tiefe, abgesehen von der Taucherglocke, und bei starker Wasserbewegung, bleibt nur Steinschüttung, sonst auch Faschinenwerk als Fundament übrig. Auch ist gewöhnlich nicht ein eigentlich schlechter Baugrund vorhanden, sondern außer Fels meist Sand und Kiesel, die zwar beweglich, jedoch (namentlich letztere) wenig zusammendrückbar; man hat also hauptsächlich deren Ausweichen zu verhindern.

Zur Construction dienen noch die folgenden Bemerkungen: Pfähle, abgesehen, daß sie in tieferm Wasser und in Kiesel schwieriger einzurammen, werden durch Erschütterung in durchnästem Sande leicht losgerüttelt, daher sie zeitig durch Steinschüttung oder Faschinenbettung zu befestigen sind. Dagegen werden Werke von Stein und Faschinen in den Zwischenräumen bald durch die herbeifließenden Sinkstoffe ausgefüllt und consolidirt. Steine und Kalkmörtel leiden gewöhnlich nicht durch das Seewasser, nur bei seltener ungünstiger Beschaffenheit; der hydraulische Mörtel erhärtet sonst gut. Doch ist Beton in äußerer Fläche bei unmittelbarem Wasserangriff wohl weniger dauerhaft. Die Steine werden auch fast immer durch eine Menge Seepflanzen und Schaalthiere bedeckt, die zu Schutz und in die Fugen dringend, wesentlich zur Befestigung beitragen. Alle Metalle aber sind einer starken Oxydation durch das Meerwasser ausgesetzt. Am bedenklichsten ist, daß alles Holzwerk (ebenso Faschinen), das sonst nur dem Verfaulen (über Wasser) unterworfen, an den meisten Orten sehr schnell durch den Seewurm unter Wasser zerstört wird. Dieser See- oder Schiffswurm (*Tenedo navalis*) lebt und zerstört im Wasser, vom Boden an (nicht in Schlamm) bis einige Fuß über Ebbe; man kann der Umständlichkeit wegen nur wichtigere Holzstücke dagegen schützen durch Bekleidung mit Kupfer, Blech etc., eiserne kurze Nägel mit großen sich berührenden Köpfen, alles in der gedachten Höhe, so Pfähle bereits vor dem Einrammen; sonst dürften daselbst für wichtige Werke die Hölzer zu vermeiden sein. Ebenso werden die wichtigern Schiffe gekupfert, andern ist abwechselnder Aufenthalt in süßem Wasser dienlich, das den Wurm wieder tödtet. Es wird auch in Grimsby das Bassin mit süßem Wasser durch Pumpwerk gefüllt; in Sebastopol durch Wasserleitung.

Die Ausführung eines Dammes geschieht nur bei niedrigem Wasser; wo also Ebbe und Fluth, wird sie durch die geringere Tiefe erleichtert, muß aber während jeder Fluth unterbrochen werden.

Die 2 ersten Bauarten der Dämme, in Mauerwerk und Zimmerwerk, gestatten steile Böschungen; die 2 letzten, Steinschüttung und Faschinenwerk, erfordern flache Böschungen. Jene sind demnach fast immer bei den Hafen- und Einfahrtsdämmen nöthig, die zuoberst über Wasser eine Plattform zur Passage, zur Hülfeleistung und zum Ziehen der Schiffe etc. haben, auch wohl als Kai zum Anlegen der Schiffe dienen; man muß bei ihnen selbst weit vortretende Fundamente oder Bettungen vermeiden, welche das Annähern der Schiffe verhindern könnten.

Die Meerdämme müssen zuweilen dieselben Bedingungen erfüllen, z. B. Civita Vecchia; ist dies aber nicht der Fall, sondern sollen sie, wie oft vor Rheden, allein als Wellenbrecher dienen, so können sie flache Böschungen erhalten, wovon man nur zuoberst wohl in constructiver Hinsicht abweicht.

Ein Damm erhält durch flache Böschungen mehr Inhalt, also als Ganzes betrachtet mehr Stabilität, wogegen er in demselben Verhältniß mehr Material erfordert. In specieller Rücksicht der Wellen, so greifen diese eine flache Böschung weniger an (bilden selbige wohl entsprechend aus), ihr Stoß wird nicht aufgefangen, sondern geht verzögert in horizontale Bewegung über, wobei sie aber über den Damm gleiten und jenseits, in der Rhede oder dem Hafen, eine beträchtliche Wasserbewegung hervorbringen können. Ein steiler Damm dagegen empfängt den vollen Stoß, wird dadurch stärker angegriffen, bricht aber die Wellen, so daß sie jenseits weniger Wirkung ausüben; damit die letztere hinter dem flachen Damm nicht größer sei, müßte dieser beträchtlich höher hinaufreichen, also sein Inhalt noch weiter vermehrt werden. Wo demnach das Brechen der Wellen Hauptzweck, scheint ebenfalls ein Werk mit steiler oder concaver Böschung angemessener, das zugleich, wenn es auch solider und theurer construirt sein muß, doch wegen des geringeren Inhalts im Ganzen billiger ausfallen wird, als der flache Damm.

Die Stabilität des Ganzen kann immer durch eine angemessene Kronenbreite erreicht werden, die indessen, wie Rechnung und Erfahrung (z. B. bei den Leuchthürmen) zeigt, noch immer nicht sehr beträchtlich zu sein braucht.

Nach dem Angeführten erscheint es also vortheilhaft, sämtliche Meer- wie Hafendämme, so weit es in constructiver Hinsicht angeht, mit steilen Wänden zu begrenzen; diese können aber außerdem im obern Theile wirklich fester construirt werden, als flach geböschte (s. nachher), und nur in der untern zu großen Wassertiefe ist bisher, bis auf den neuesten Bau zu Dover, nichts andres Solides als Steinschüttung etc. möglich gewesen. Eine Ausnahme des Vorigen macht bei den offenen Einfahrtsdämmen (s. nachher) deren voller Unterbau (Bettung); dieser ist flach zu böschen, um die in die Hafenstrasse der Länge nach einlaufenden Wellen durch Verbreiterung zu schwächen.

Die Höhe der Wellenbrecher betreffend, so sind sie schon ziemlich wirksam, nämlich durch Zerreißen der Wellen, wenn sie bis zur niedrigsten Ebbe hinaufreichen; so erhalten manche Rheden schon durch Sandbänke hinreichenden Schutz, z. B. Toulon, und die Conen von Cherbourg sollten nur einen durchbrochenen Damm bilden. Zum gänzlichen Abhalten der Wellen müssen die Molen aber mehre Fuß über die höchsten Fluthen reichen; dies wird gewöhnlich verlangt, sowohl bei Rheden wie besonders bei Häfen; einige Ueberhöhung ist auch verhältnißmäßig gegen den untern Bau weniger kostspielig, und obgleich besonders stark angegriffen, so ist dasselbe doch schon bei dem ganzen, in der Region der Wellenbewegung (über der niedrigsten Ebbe) liegenden Theil der Fall. Die höchsten Wellen schlagen noch hinüber, weshalb, wie erwähnt, bei flacher Böschung mehr Höhe nöthig.

Dieselbe Höhe bedürfen alle übrigen Hafendämme, jedoch verhältnißmäßig weniger, je weniger sie den Wellen ausgesetzt liegen, oder je niedriger die anlaufenden Wellen. Haben sie zuoberst eine Plattform zur Passage etc., so wird diese ziemlich allgemein 6—8 Fuß über die Springfluthen hoch gelegt, längs der äußern Seite wohl noch mit höherer Brüstung und an dem vordern, den größern Wellen ausgesetzten Ende noch höher, allmählig ansteigend, oder durch Treppe verbunden. Diese Enden sind auch oft beträchtlich verbreitert (zugleich zum Aufstellen von Krahn, Leuchtfeuer, Batterie etc.), während die übrige Kronenbreite des Mauerwerks und Zimmerwerks (nebst Passage) gewöhnlich 6—18 Fuß beträgt. Hierbei wird aber noch auf die größere Stärke und sonstigen Eigenthümlichkeiten der ausnahmsweise kolossalsten Dämme in den mitgetheilten Beispielen verwiesen.

Die Einfahrtsdämme, wie früher erwähnt, werden gewöhnlich als hohe volle Hafendämme hergestellt, zuweilen aber nur mit niedrigem vollen Damm (wenig über der Ebbe hoch), worüber bis über die Fluth offenes Zimmerwerk; dieses bei passender Localität und um 1) den Gang der Sinkstoffe längs der Küste wenig zu unterbrechen; 2) die in die Hafenstraße einlaufenden Wellen zu schwächen.

Ad 1. Die gemauerten Dämme müssen immer auf solide Art fundirt werden: mit Hülfe von Fangdämmen und Wasserschöpfen; ferner ohne dies bei geringer Tiefe auf regelmässig versenkten Quadern, bei größerer Tiefe auf Pfählen, deren Zwischenräume mit Steinen oder Beton zu füllen nebst Spundwänden, mit Senkkästen (Caissons) wie in Ramsgate, auf Beton (Kaimauer zu Algier); zu letzterem Spundwände oder Kästen ohne Boden, die auf Felsen schwierig auszuführen. Beton und hydraulisches Mauerwerk nur wo keine Wasserbewegung, sonst sind, wie Dover, Blöcke von Beton oder Mauerwerk, die zuvor erhärtet, zu versenken. Bei zu großer Tiefe endlich Steinschüttung, möglichst solide mit flachen Böschungen, äußerlich große Steine; zuweilen sucht man eine Einfassungsmauer von Beton zu schütten, oder man schüttet in den Umfang künstliche Betonblöcke (wie Mole zu Algier), am besten dürfte die ganze Schüttung von solchen Blöcken geschehen (endlich Mauerkörper nach der Virtuv'schen Art). Die Schüttung läßt man möglichst wenig hoch reichen, um darauf noch ein solides Fundament zu ergänzen, sie muß zum vollkommenen Setzen 1 Jahr Zeit haben, bevor darauf gemauert wird.

In neuer Zeit hat man auch mehrfach mit der Taucherglocke gearbeitet und dadurch ein solides Fundament aufgeführt, entweder vom Meeresgrunde an (d. Fels,

größtes Beispiel Dover, s. d.) oder auf einer tiefen Steinschüttung, die unter der Region der Wellenbewegung wenig angegriffen und so sicher ist. Unter der Taucherglocke besichtigt und bearbeitet man den Grund etc. (Felsen), dann, nach entfernter Glocke, werden von festen Laufkrahnen aus mit Schlufskeilen und genau zwischen Leitstangen Quader versenkt, unter der wiedergestellten Glocke die Schlufskeile gelöst, die Fugen vergossen, nachgearbeitet, selbst die Steine verrückt, die dazu wohl an die Glocke gehängt und mit dieser bewegt werden u. s. w. In solcher Weise bequem auf beliebige Höhe, freilich umständlich, zeitraubend und nicht bei Wasserbewegung; indess muß auch andere solide Gründung bei unruhigem Wasser unterbrochen werden. Die Taucherglocke von Gufseisen an Krahn hängend etc.

Das Fundament eines Dammes reicht nur bis zur niedrigen Ebbe, also wo beträchtliche Fluthhöhe, verhältnißmäßig weniger hoch hinauf.

Das reine Mauerwerk wird in der angegebenen Kronenbreite mit $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ geböschten Seitenwänden aufgeführt; zum unschädlichen Auffangen der Wellen ist öfters ein Sturzbett (Verbreiterung des Fundaments), concave Böschung, auch beides vereinigt, zweckmäßig, (zusammen bis zu $2\frac{1}{2}$ füsiger Böschung ausgeführt). Oben Kehle bei Dover. Die äußern Flächen müssen von großen, harten und wohlverbundenen Quadern hergestellt werden, das Innere von gewöhnlichem Mauerwerk; zuweilen

stellt man nur 2 äußere Einfassungsmauern her, innerhalb in gewissen Entfernungen durch kurze Quermauern verbunden, und füllt die so eingeschlossenen Räume mit Steinen, Kiesel, Sand oder Erde aus, durch einzelne Mauerschichten unterbrochen, oben begrenzt, doch ist dies Verfahren nicht zu empfehlen. Oefters oben überwölbte Räume zu Batterien etc. Die obere Plattform nebst Brüstung muß besonders gegen den Wellenschlag große, wohlbefestigte Quader erhalten. Die Ausführung ist wegen der öftern Unterbrechung durch die Fluthen besonders schwierig; die Theile müssen vor dem Verlassen jedesmal gegen den Wellenschlag hinreichend befestigt, am besten in einzelnen Längen geschlossen gehalten werden. Nur falls wenig Wellenschlag, sind feste Gerüste und Laufkrahne etc. möglich; im Uebrigen muß man sich nach den Umständen einrichten, die Materialien zu Schiffe herbeiführen etc.

Ad 2. Das Zimmerwerk zu einem Damm, der der Ebbe und Fluth ausgesetzt, besteht in einzelnen verticalen Quergebinden, aus starken Ständern, Streben etc. zusammengesetzt, in 6—8 Fuß Entfernung, am Grunde befestigt, der durch Bettung und Fundament zu sichern, und mit einander durch Längenhölzer verbunden. Die innere Seite der Ständer wird mit starken Bohlen bekleidet, dann das Innere mit Steinen, Kiesel, selbst Sand und Erde gefüllt (Kistwerk); zuoberst wird eine Plattform durch Bohlenbelag und Geländer hergestellt. Kronenbreite angegeben, Böschung der Seiten $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$. Die Ständer können durch lange eingerammte Pfähle gebildet werden; da aber deren Einmauern schwierig und eine öftere Erneuerung des obern Theils wegen Verfaulen und Zerstören durch Seewurm unvermeidlich, so ist die Construction aufgesetzter Wände vortheilhafter, die auch hinreichend fest möglich. Man rammt demnach kurze starke Pfähle ein, bearbeitet und verbindet sie, in der Höhe des niedrigsten Wassers, befestigt den Grund durch Bettung von Faschinen, Pfählen, Steinen und setzt die Gebinde auf, deren Ständer mit den Pfählen ver-

bolzend und Querzangen überlegend. Am bequemsten und schnellsten ist es, mit dem Damm der Länge nach vorzuschreiten, die Grundarbeiten bei der Ebbe zu bewirken, die Gebinde aber am Lande anzufertigen, dann bei der Fluth zu flößen, indem sie vom Damm aus geleitet werden, und bei der Ebbe mit Hülfe eines auf der Dammspitze angebrachten Auslegers sie aufzurichten, endlich schnell alles Uebrige zu vollenden; so kann in jeder Ebbe und Fluth 1 Gebind gestellt werden.

Dergleichen Kistwerke sind schnell und billig herzustellen und erfüllen sehr vortheilhaft die beabsichtigten Zwecke: Brechen der Wellen etc., jedoch sind sie schnell vergänglich und erfordern eine theure Unterhaltung. Zuweilen bringt man anstatt der innern Bohlenbekleidung oder noch aufer ihr eine äussere dergleichen an, zum bessern Widerstand gegen die Wellen und um eine äussere ebene Fläche zu erhalten. Wenn unter Beibehaltung der obern Plattform der volle Damm nur eine geringere Höhe erhalten soll (an Hafenstrasse, s. oben), so stellt man die Bohlenbekleidung und Ausfüllung nur bis zu dieser Höhe her, das Obere offen lassend. Fig. 36.
Anstatt dessen erbauet man auch einen selbständigen untern Damm aus Mauerwerk ad 1) oder Steinschüttung und Faschinen ad 3) und 4) in der nöthigen Höhe und Fig. 37.
setzt darauf ein Zimmerwerk, das ganz offen, sonst wie vorher ist; der untere Damm (oder Bettung) reicht gewöhnlich mit 4—6füssiger Böschung bis zur Höhe Fig. 38.
der täglichen Fluth, und die in die Hafenstrasse einrollenden Wellen werden zum Theil durch das Zimmerwerk gebrochen, zum Theil auf die Böschung auflaufend und sich ausbreitend gemässigt.

Anstatt der beschriebenen Kistwerke ist in den Ostseehäfen die Construction der Steinkisten mit Balkenwänden üblich, die ohne weiteres Fundament auf den Fig. 31.
Grund versenkt und gleichmässig erhöht werden. Da hier nämlich keine Fluth, so sind die vorigen Constructionen, die nur bei der Ebbe herzustellen und zu repariren, nicht wohl ausführbar. Man legt erst einen Schwellrost, so daß Krone 12 bis 18 Fuß breit, setzt darauf mit $\frac{1}{6} - \frac{1}{12}$ Dossirung allmählig die Wände durch kreuzweis gelegte Balken und Querzangen auf, wobei die Zwischenräume 9 Zoll, und verbindet alles durch Bolzen; man wirft nun Steine ein, und wie der Kasten allmählig sinkt, erhöht man ihn oben durch fernere Horizontalschichten, womit auch, nachdem der Kasten den Grund erreicht, bis zur angemessenen Höhe fortgefahren wird. Solcher Kasten ist sehr solide; es schadet nicht, wenn er eine schiefe Stellung erhält oder durch Unterspülung nachsinkt; ebenso ist die Undichtigkeit gegen den Wasserdurchfluß hier wie vorher ohne Nachtheil (die Zwischenräume der Steine füllen sich); jedoch müssen die Steine nicht herausfallen, grösser als 9 Zoll sein. Ein verfallter Theil bis zum Wasserstand kann später leicht erneuert werden.

In ähnlicher Weise kann man auch andere Kästen, alte Schiffe etc., mit Steinen gefüllt, versenken, um in Ermangelung Anderes im Wasser eine Erhöhung zu bewirken.

Ad 3. Steinschüttung, sei sie tiefes Fundament oder, wie hier noch anzugeben, selbständiger Damm, ist bei grosser Wassertiefe und starkem Wellenschlag verhältnissmässig am bequemsten auszuführen, erfordert aber wegen der flachen Böschungen viel Material und auch Zeit. Die Kronenbreite sei ca. $= 1\frac{1}{2}$ der Wassertiefe, die Böschungen richten sich nach dem Wasserangriff, sind wohl bis 4füssig

nöthig; in das Aeufsere sind möglichst grofse Steine zu bringen, beim Setzen etc. ist nachzuschütten; die Zwischenräume füllen sich. Die Steine sind vom Schiffe aus einzuwerfen (Peilen), über Wasser mit Karren oder Eisenbahn; oben ist mindestens Pflaster aus grofsen dichten Steinen nöthig, das so weit als möglich hinabzuführen. Aber bei starkem Wellenschlage ist die flachste Böschung zum Bestand nicht hinreichend, vielmehr angemessenes Gewicht der einzelnen Steine nöthig, wie bei den Molen von Algier, Cherbourg und Plymouth. Vortheilhaft sind künstliche Betonblöcke von 10—15 Cubikmeter (am Lande angefertigt, 1—2 Monat erhärtet, dann in einem umgebenden Flofs schwebend geflöfst und mit umgeschlungenen Seilen und Ketten versenkt, oder vom Lande aus auf dem fertigen Werk Eisenbahn mit Wagen zum Kippen; ähnlich Vitruv'sche Bauart). Solche zum ganzen Dämme (Algier) oder, was hinreichend scheint, nur $\frac{1}{3}$ zum Aeufsern, wobei 1—1 $\frac{1}{4}$ Böschung genügend. Die Krone bis über Wasser, wie Algier (wo wenig Fluth), mit Beton bedeckt, oder Cherbourg mit Mauer, oder Plymouth mit flachem Rücken aus stark verbundenen Quadern, (Cherbourg scheint am vortheilhaftesten). Der Einfahrtsdamm zu Boulogne, von gewöhnlichen Steinen, war oben nicht dauerhaft, daher erniedrigt, mit Bohlen bekleidet und Zimmerwerk. Nach Allem dürfte wiederholt am vortheilhaftesten sein, ad 1) zurückkehrend, die Steinschüttung nur möglichst tief, nöthigenfalls im Aeufsern Betonblöcke, im Innern Steine oder Beton, darauf Mauerwerk. Wie denn als Fortschritt in der Construction der steinernen (eigentlich soliden) grofsen Dämme aufeinander folgen:

- a) der alte Cherbourger Damm mit der Ausbildung des zu Algier (steiler) und des zu Plymouth (mit befestigter Krone);
- b) der jetzige Cherbourger Damm, wonach der zu Kingstown, zu Holyhead u. s. w., im obern Theil Mauer;
- c) der Damm zu Dover, ganz hinabreichende Mauer.

Ad 4. Faschinen, und zwar in der Regel zu Sinkstücken verbundene (s. Flußbau) werden an Stelle der Steinschüttung in denselben Verhältnissen und in gleichem Profil wie diese angewendet. Sie sind an sich nicht so dauerhaft als Steine, bilden aber gröfsere unverrückbare Körper. Ebenso die flachen Höfter, richtiger Bühnen, des Seeuferbaues etc.

Die Sinkstücke werden nach Erfordern lang und breit und 4—6 Fuß dick gefertigt, gewöhnlich am Lande, dann einzeln an Ort und Stelle geflöfst, hier belastet (mit Stein, die untern auch Sand) und versenkt, so daß die Stücke neben- und in mehrere Lagen im Verbande aufeinander zu liegen kommen, das in Kronenbreite und Böschungen verlangte Profil herstellen. (An die Seiten und oben werden nachher noch Steine geschüttet.) Beim Versenken an den 4 Ecken Stangen aufgesteckt mit Maafsen, wonach man das Sinken beurtheilt. Jedes Sinkstück drückt sich ca. $\frac{1}{3}$ zusammen, ebensoviel beträgt sein Belastungsmaterial. Ist über dem letzten Sinkstück nur noch 2—3 Fuß Wasser, so kann man wegen des Schwimmens kein Sinkstück weiter aufbringen, sondern muß durch gewöhnliches Packwerk erhöhen; dies nur wenig über Wasser wegen Vertrocknen, dann durch Steine, die in Rücksicht des ganzen Setzens überflüssig hoch aufzubringen. Vorher werden hinreichend hohe Encaissementspfähle gesetzt. So bleibt das Werk den Winter über dem Setzen

überlassen. Im nächsten Frühling wird ausgeglichen, die oben überflüssigen Steine auf die Böschung gebracht und oben ein dichtes Pflaster zwischen den Pfählen hergestellt. Fig. 34 u. 35.

Nach dieser Construction sind verschiedene Molen der Ostseehäfen gebaut: Krone ca. 5 Fuß über dem mittl. Wasserstand hoch, $1\frac{1}{2}$ mal der Wassertiefe, mindestens 18 Fuß breit, Vorderböschung $2 - 3\frac{1}{2}$ füßig, Hinterböschung $1\frac{1}{2} - 2$ füßig. Encaissementspfähle 9 Fuß lang, 6 Zoll stark, Fächer 9 Fuß im Quadrat à 3 Pfähle in der Seite.

Aehnlich die niedrigen Einfahrtsdämme in Holland etc., worauf gewöhnlich ein offenes Zimmerwerk ad 2) gesetzt.

Die Einfassungen oder Wände der Häfen und Bassins, soweit sie nicht durch die beschriebenen Dämme gebildet, bestehen in den früher (II. Abschnitt) dargestellten Uferbauten: Böschungen, Bollwerke, Mauern, die größtentheils als Kais eingerichtet, mit Treppen, Rampen, Brückenbahnen, Krahn u. s. w. versehen und mit Zufuhrwegen, Niederlagsplätzen nebst Schuppen, Speichern, Bureaus, Werkstätten in Verbindung stehen.

Die Kais sind gewöhnlich gegen die hochbordigen Schiffe 6 Fuß über dem Wasserspiegel liegend, d. h. über dem höchsten oder constanten, der in Docks = der ord. Fluth; äußere höhere Fluthen werden durch Deiche etc. abgehalten. Die Gründung der Kaimauern geschieht der Localität entsprechend und ist oft schwierig, ähnlich den vorigen Dämmen.

Zum Befestigen der Schiffe an den Wänden dienen Ringe oder Bügel daselbst, ferner Ringe und Pfähle auf dem Kai; außerdem aber sind zum Festlegen im Wasser Schiffshalter (Dücdalben) anzubringen, einzeln oder in Reihen, je ein Pfahl umgeben von etwa 4 schrägen, oben durch Bolzen verbunden. Fig. 39.

Gewöhnlich wird jede Erhöhung über den Deckplatten der Kais, Geländer etc. vermieden, um die Verbindung mit den Schiffen und den Leinenzug nirgends zu unterbrechen; nur wohl zweckmäfsig die Deckplatte, die auch vorn nicht vorsteht, mit niedrigem Rand, um das Hinabgleiten zu verhindern, und als Widerstand gegen den Fuß der ziehenden Arbeiter; sonst müssen an Gebäudeecken, Krahn etc., auch an den Schiffshaltern Streichbäume angebracht werden, je eine hohe hölzerne Walze, drehbar, worüber die Zugleinen unbeschädigt gleiten können. Die Treppen etc., die wegen der Schiffsbewegung an der Mauer nicht vorspringen, sondern zurückspringen, erhalten am besten Treppenlöcher, die mit schräger Ueberkragung überdeckt, um wegen der fehlenden Geländer das Herabstürzen zu vermeiden. Um in Hafen, Rhede und Fahrwasser einzelne Stellen des Grundes zu bezeichnen, besonders wegen der Fahrtiefe, dient je eine Boye (Schwimmtonne) an einem kleinen Anker liegend; eben damit werden die ausgeworfenen Anker eines Schiffes angedeutet. Fig. 40.

Die verschiedenen Schleusenanlagen sind bereits im IV. Abschnitt behandelt, worauf zu verweisen. Demnächst haben wir hier noch die Schiffsbauplätze, Schiffsdocks und Signal-Einrichtungen zu beschreiben.

Die Schiffsbauplätze (Werfte) legt man wohl in etwas entfernterer Verbindung

mit dem eigentlichen Hafen an, zur Raumersparung und Vermeidung der Feuergefahr hierselbst; die Schiffsdocken aber liegen direct am Haupthafen.

Die eigentlichen Werfte oder Hallings sind nach dem Wasser abhängige und bis tiefer in's Wasser fortgesetzte geneigte Ebenen (Neigung $\frac{1}{12} - \frac{1}{24}$), wo die Schiffe außer dem Wasser gebauet werden und nachher vom Stapel laufen (d.h. frei in's Wasser hinablaufen, Fig. 45—47). Die einzelnen Baustellen heißen Sta-

Fig. 45. pelplätze, Kalen oder Kielplätze, die für wichtigere Schiffe überdacht sind; das jedesmalige Stützengerüst, das ein im Bau begriffenes Schiff stützt, heißt Stapel (Fig. 45). Die geneigte Ebene wird entweder je durch die untern Stapelblöcke gebildet, die gehörig unterstützt, oder ist besser mit befestigter Oberfläche durch Mauerwerk resp. Holzwerk dargestellt. Demgemäfs ist Gründung, Einfassung etc.; die Lage und Ausdehnung nach den Umständen; in Verbindung stehen die Werkstätten, Materialienplätze etc. (Die wichtigeren Schiffsbauhölzer und Masten werden im Wasser aufbewahrt.)

Die Schiffe im Gebrauch sind öfters nach Beschädigung etc. der Reparatur benöthigt, die gewöhnlich nur kurze Zeit dauert, außerdem müssen ihre im Wasser liegenden Flächen zuweilen gereinigt, die Kupferhaut revidirt, der Anstrich ergänzt werden u. s. w. Zu diesen Reparaturen, besonders der wichtigern Schiffe, dient Fig. 49. das Schiffsdock (oder die Docke, Trockendock), Fig. 49, ein passender gemauerter Behälter, in welchen das einzelne Schiff schwimmend einfährt, nachher wieder so herausfährt und der zur Reparatur, geschlossen, wasserfrei gemacht wird. Seine Bau- und Betriebskosten sind aber sehr beträchtlich, auch die Arbeiten darin beengt, daher man den Gebrauch der Docken und ihre nöthige Anzahl beschränkt. Nur sehr selten sind darin Neubauten, die lang dauernd, vorgenommen, was unnöthig ist, da alle neuen unbelasteten Schiffe das Vom-Stapellaufen vertragen. Ferner sind in neuer Zeit verschiedene andere Dock-Einrichtungen angewendet, wodurch selbst gröfsere beladene Handelsschiffe senkrecht aus dem Wasser gehoben werden, zweckmäfsig, zulässig und billig. Sonach dürften jetzt Schiffsdocken nur noch zur Reparatur der schweren Kriegsschiffe nöthig sein, die das vorige Heben nicht vertragen und dazu in einem grofsen Hafen gewöhnlich eine Schiffsdocke genügen, während für die übrigen Schiffe die neueren billigeren Einrichtungen zweckmäfsig sind. Von allem Diesen ist bisher in Deutschland und Preußen, wo allerdings noch keine ganz grofsen Schiffe sind, keine Anwendung gemacht worden, mit Ausnahme eines kürzlich in Danzig hergestellten schwimmenden Docks (s. nachher).

Ein dagegen überall und von früher sehr gebräuchliches Verfahren ist, das Schiff behufs der Reparatur, auf einem Schlitten (Schleppe) ruhend, auf den Hel- Fig. 48. ling zu ziehen und damit nachher wieder herabzulassen, Fig. 48; hierbei ist für gröfsere Schiffe viel Vorsicht nöthig, dazu auch neuerdings verbesserte Einrichtung getroffen.

Fig. 52. Verwerflich ist das öfters angewendete Kielholen, nämlich (Fig. 52) die eine Seite des Schiffs durch Anker festzulegen und durch Niederziehen des Mastes die andere Seite bis zum Kiel über Wasser zu drehen, um diese Seite und nachher ebenso die andere zu repariren; hierdurch leidet das Schiff und wird in den Fugen

undicht. Dagegen ist es ziemlich unschädlich, wenn leichte Schiffe in einem offenen Tiedehafen stranden, um behufs Reparatur, Anstrich etc. so tief als möglich unter das Schiff kommen zu können.

Die Fluß-Schiffe werden flach und lang gebauet; ersteres wegen der geringen Wassertiefe nöthig, letzteres zulässig bei der gleichmäßigen Unterstützung, der ruhigen Bewegung und weil wenig Wendung und Manöver vorkommt. Die verschiedentlichen Abmessungen sind im IV. Abschnitt angegeben, daselbst auch Einiges über die Bewegung. Die Construction betreffend, werden Querrippen gebildet durch Kahnkniee, die, je 2 gegenüberliegend, am Boden durch ein Blatt verbunden, Fig. 42, darüber äußerlich Längenbohlen genagelt, in den Fugen kalfatert; Fig. 42. das Schiff an beiden Enden im Grundriß und Längenschnitt zugespitzt, wobei die vorige Construction bleibt; der platte Boden geht bis zur Spitze, zuweilen aber in einen Steven über, Fig. 43. Demnächst Bandleiste, Mast mit Mastspur, Kajüte, Fig. 43. Steuerruder etc. Solches Schiff, bei seinem geringen Gewicht, wird beim Bau und Ausbessern durch Stützen in verschiedentliche Lage gebracht, ist einfach den Helling hinab in's Wasser zu lassen, auch etwa auf Walzen wieder hinauf zu ziehen.

Anders bei den Seeschiffen, worüber hier einige weitere Notizen. Sie sind für die Bewegung im Wasser viel vollkommener als die Flußschiffe, die sich jenen nur nach Umständen nähern. Diese, bei den beträchtlichen verschiedenen Angriffen von Wasser und Wind, müssen zum Widerstand eine grössere Masse bilden, dabei mit innerer Festigkeit, wozu grössere Höhe bei verhältnißmässig geringerer Länge. Der Tiefgang ist außer diesem nöthig: a) damit der Schwerpunkt des Schiffs (das unten stark belastet) tief liege unter dem Schwerpunkt des verdrängten Wassers, zur Stabilität beim Schwanken; b) damit gegen den Winddruck der Segel, der zur Fahrt beträchtlich nöthig ist, im Wasser Widerstand geleistet werde, zugleich bei wechselndem Angriff (indem auch der Winddruck am Hebelsarm des Mastes drehend wirkt) das Schwanken vermindert werde; c) damit die Wellen weniger Einwirkung haben, deren Region weniger tief geht.

Demnächst müssen alle Seeschiffe auf den Kiel und mit Wölbung gebauet Fig. 44. werden: 1) zur innern Festigkeit; 2) damit, auch beim Schwanken, das widerstehende Wasser bis zur Tiefe gegen eine normale Fläche drückt, ohne unter dem Schiff wegzugleiten; hierin wird das Schiff mehr oder weniger scharf gebauet; dadurch wird auch 3) das von unten kommende Wasser gut zertheilt; 4) wie hierbei das Schiff sicher zu führen, so ist es zugleich und in Verbindung mit der geringen Länge und der vordern und hintern zugespitzten Endigung desselben leicht und sicher (nicht ruckweis) zu wenden und zu manövriren.

Die entsprechenden Endigungen des Schiffskörpers dienen aber wesentlich zu guter Zertheilung des Wassers und Schnelligkeit der Fahrt. Der Vordertheil (Bug) muß stark gewölbt sein (nicht zu scharf), um mit kräftiger Brust das Wasser zu durchschneiden; der Hintertheil muß schlank convergiren, damit das Wasser wie-

der gut (ohne Wirbel) zusammenfließt und gegen das Steuerruder drückt, das dadurch am wirksamsten.

Dem Angegebenen gemäß macht man allgemein, indem die größte Breite des Decks als Hauptmaafs genommen wird, die Länge des Decks $= 3\frac{1}{4} - 3\frac{3}{4}$, den größten Tiefgang fast $= \frac{1}{2}$ derselben und setzt die größte Breite auf $\frac{1}{3}$ der Länge von vorn.

Im Uebrigen ist noch große Mannigfaltigkeit in der Form vorzugsweise des ganz eingetauchten Theils, der, die Wirkungen und Bewegungen vermittelnd, das lebendige Werk heisst, während die Theile über Wasser, das todte Werk, dabei ziemlich indifferent sind. Man geht von der Wasserlage aus, die bei der Belastung genau zutreffen muß; nach der zu wählenden Form ergibt sich der Schwerpunkt des ganzen Schiffsgewichts, dagegen die Größe nebst Schwerpunkt des verdrängten Wassers, der bei abweichenden Lagen verändert, nebst den weitem Angriffen zur Erwägung zu ziehen. Nach den verschiedenen, zum Theil entgegengesetzten Rücksichten geschahen bis jetzt fast noch bei jedem neuen Schiff Veränderungen in der Form, ferner in der Vertheilung (Verstauung) der Belastung (Ballast), um den Schwerpunkt des Schiffes mehr nach oben oder unten, nach vorn oder hinten zu bringen; endlich in der Segelbesetzung. Man unterscheidet wohl lasttragende und schnellsegelnde Schiffe; erstere sind mehr breit und tief gewölbt, schwanken dadurch mehr seitwärts (rollen oder schlingern); die letztern sind schmal und scharf, wodurch sie nicht seitwärts, dagegen nach vorn und hinten schwanken (stampfen); beides namentlich durch die Wellen, findet Widerstand in dem Mast- und Segelwerk, das aber dadurch stark angegriffen wird.

Die Richtung (der Cours) des Schiffes geht immer nach seiner Längsachse (modificirt durch das Steuer), und alle Seitenangriffe (mit Ausnahme von Seitenströmung) werden durch den Widerstand des Wassers möglichst aufgehoben, mit geringer Abtrifft; diese ist vortheilhaft geringer, je schärfer das Schiff.

Das Bisherige gilt für alle Größen der Schiffe; das größere Schiff, das entsprechend stärker, ist sicher und weniger von den Wellen abhängig; da es zugleich in entsprechendem Verhältniß größere Segel etc. erhält, so kann es ebenso schnell fahren als ein kleineres; es ist außerdem vortheilhafter, da Widerstand und Kraft nach Verhältniß des Quadrats der Abmessung (Querschnitt), der Gehalt (Ladung) nach dem Cubus derselben.

Ein Kriegsschiff von 120 Kanonen (Linien Schiff) hat $54\frac{1}{2}$ Fuß größte Breite, 205 Fuß Länge des Decks (mit Bugspriet 280 Fuß), 26 Fuß größten Tiefgang, 4800 Tonnen Gehalt.

Ein Kriegsschiff von 18 Kanonen hat $30\frac{3}{4}$ Fuß gr. Breite, 110 Fuß Länge des Decks, $14\frac{1}{2}$ Fuß gr. Tiefgang, 600 Tonnen Gehalt.

Die größten Handelsschiffe haben bisher 43 Fuß größte Breite, wonach Länge, Tiefe und Gehalt, jedoch sind in neuester Zeit noch größere entstanden.

Der Tonnengehalt ist das Gewicht des ganzen belasteten Schiffes $=$ der Verdrängung, 1 ton $=$ 20 Centner, (1 Last $=$ 2 tons); bei Kriegsschiffen ist ca. die Hälfte davon das Gewicht des Schiffskörpers, größtentheils Eichenbauholz, die andere das der Zu- und Ausrüstung.

Bei Handelsschiffen ist das Schiffsgewicht etwas weniger als die Hälfte, das Uebrige Ladung, für die man à ton 42 Cubikfuß Laderaum rechnet.

Die auf das Schiff wirkenden Kräfte sind:

1) Als hauptsächlich bewegende Kraft der Wind gegen die Segel; je nach der Stellung derselben zerlegt er sich normal gegen das Segel und parallel damit; Fig. 53. der letztere Theil ist ohne Wirkung, die Normalkraft, die überdem am Hebelarm des Mastes auf Drehung thätig, ist in 2 Seitenkräfte nach der Länge und Breite des Schiffs zu zertheilen; erstere bewirkt die Fortbewegung und kann dazu die vortheilhafteste Segelstellung angegeben werden; durch die letztere folgt einige Abtrifft. Nach der Windrose, die in 32 Striche getheilt wird, gelten die Winde der 20 Striche hinter dem Schiff als günstig, die der 12 Striche vor dem Schiff als ungünstig, entgegengesetzt.

Segelt das Schiff mit (oder vor) dem Winde, so werden nur die hintern Segel getroffen; vortheilhafter ist, wenn der Wind schräg von hinten kömmt, Backstagwind, wobei die größte Fläche der Segel getroffen wird; bei halbem Wind (Seitenwind) kann das Schiff, umgewendet und mit der symmetrischen Segelstellung, in seiner vorigen Richtung zurückfahren. Dicht beim Winde segelnd, d. i. 6 Strich von vorn, ist nur noch wenig Wirkung. Man kann indeß, selbst bei entgegengesetztem Wind, in oder gegen den Wind den Ort *A* aus *B* erreichen, durch Fig. 54. Laviren, erst von *B* nach *C*, dann wendend von *C* nach *A* fahrend; die Abtrifft ist entsprechend.

Je stärker der Wind, desto weniger Segel sind erforderlich und zulässig; bei Sturm werden der Gefährlichkeit wegen bis sämtliche Segel eingezogen, damit aber die Führung des Schiffs aufgegeben.

Beim Dampfschiff, das übrigens auch Segel führt und sie vortheilhaft wie vorher benutzt, wird durch Ruderräder oder Schraube direct Längenkraft erzeugt, mit der vorigen sich vereinigend; dadurch ist auch bei Windstille Fortbewegung, bei Sturm Führung und mit Hülfe des Steuers Manövrirbarkeit als sehr wesentliche Vorzüge.

2) Der Wind gegen den Schiffskörper, der mit Ausnahme von Sturm nur unbedeutend. Nur bei einigen Strichen hinter dem Schiff wirkt er auf Längenbewegung, sonst ohne zu ändern normal, größtentheils auf Abtrifft; daher und wegen des Beschießens man den Körper über Wasser nicht hoch macht; bisher waren noch Dreidecker, jetzt mehr Zweidecker gebräuchlich, früher Vierdecker und hohe Castelle.

3) Die Wellen, die wenig fortbewegend, dagegen durch abwechselnden Druck Heben und Senken und Schwanken erzeugen; letzteres namentlich (Rollen und Stampfen) oft gefährlich; alles um so geringer, je größer und tiefer das Schiff; der betreffende Druck ist je in seiner Richtung ähnlich dem Wind ad 2).

Die Kräfte, namentlich 1 und 2, vereinigen sich zu einer Kraft nach der Länge Fig. 55. und einer nach der Breite des Schiffs; dagegen der Widerstand des Wassers, je nach Form und Geschwindigkeit des Schiffs, abgerechnet, bleibt die bewegende Kraft namentlich der Länge übrig, oder: bei der entsprechenden Geschwindigkeit ist Gleichgewicht.

4) Meeresströmung ist active Kraft des Wassers; frei überlassen, würde das Schiff mit der Strömung fließen (wohl stranden); dagegen geführt, giebt sie Normaldruck des Schiffs, wogegen man möglichst die Kraft des Windes anwendet (Vereinigung mit dem Vorigen), sonst ist Abtritt, oft sehr bedeutend.

5) Der Druck des Steuerruders, wodurch das Schiff gewendet wird, um die Richtung des Laufs zu ändern, und worauf wesentlich und als unentbehrlich die Führung und Manövrirbarkeit des Schiffs beruht; ohne Ruder würde das Schiff nur in der ersten Längenrichtung sich bewegen, abgesehen von Abtritt und Zufälligkeiten; ebenso ist beim gewöhnlichen Lauf das Ruder nicht geneigt. Bei der Bewegung ist relative Wasserströmung längs des Schiffs, wird dieser das Ruder entgegengekehrt, so wird dadurch der Hintertheil des Schiffs fortgedrückt, der Vordertheil (Bug) gewendet, nach derselben Seite, wo das Ruder, zugleich befördernd, die andere Seite des Bugs durch die Strömung gedrückt. Es kann die Wendung noch durch einige entsprechende und je entgegengesetzte Segel, die nach der Länge des Schiffs zu stellen, befördert werden. Der Druck des Ruders wäre, zur Vereinigung mit 1—4, als normaler Widerstand des Wassers in Rechnung zu stellen. Die Wirkung wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit, daher bei Windstille keine Wirkung, dagegen beim Dampfschiff durch eigene Bewegung auch der Gebrauch des Ruders bleibt. Ferner ist die Wirkung gröfser, je schmaler und schlanker das Schiff, danach seine Breite, gewöhnlich $= \frac{1}{12}$ der gröfsten Breite des Schiffs genommen; die Höhe gleich dem ganzen Tiefgang. In schwierigen Fällen wird um einen ausgeworfenen Anker gewendet, mit Hülfe von Wind und Strömung.

Die angegebenen Kräfte sind natürlich nur zu schätzen, bei der Fahrt nach den Umständen zu ändern und zusammenzubringen, um namentlich gewisse Richtung zu erreichen, ferner zu beschleunigen, zu verzögern etc. Berechnung und lange Vorausbestimmung ist nicht möglich. Deshalb wird fortwährend beobachtet: die Geschwindigkeit durch Logg und Uhr, die Richtung mit dem Compaß, ferner die Abtritt geschätzt, wonach, so lange man das Schiff in der Gewalt hat, immer sein Ort auf dem Meere ziemlich bekannt und auf der Charte anzugeben ist. Diese Kenntniß, wonach die weitere Fahrt, wird controllirt, sonst ersetzt durch Tiefenmessung, Mittheilung der Vorbeifahrenden, besonders astronomische Beobachtung; dann durch Ausspähen nach den Küsten, die durch besondere Merkmale bekannt sein müssen.

Als häufige Bezeichnung wird noch bemerkt: Steuerbord und Backbord (ersteres die rechte Seite des Schiffs), ferner Luv- und Leeseite (ersteres Windseite).

Die Construction des Seeschiffs betreffend, wird zuunterst der Kiel gelegt, ein gerader starker Längsbalken, der beim künftigen Schwimmen nach vorn etwas aufwärts gerichtet geht; darauf setzen sich in Breiten Ebenen die Rippen (Spanten oder Innhölzer), wozwischen über dem Kiel noch Auffutterungen (Gegenkiel). Ueber die Rippen, die der Schiffsform gemäß aus starken Hölzern krumm gearbeitet und zusammengesetzt, werden auferhalb und innerhalb der Länge nach gekrümmte Planken genagelt. Der innere Ausbau mit Zwischendecks, Oberdeck und

Wänden geben überall Spannung und innere Festigkeit. Der Kiel geht über in den Vordersteven und Hintersteven; ersterer ein gekrümmtes, letzterer ein gerades nach aufwärts gehendes Holzstück, die mit dem Kiel durch Knie verbunden und woran sich die Endigungen des Schiffes mit Rippen und Planken anschließen. Die untere Ecke zwischen Hintersteven und Kiel ist zuvor mit gleich dicken Hölzern ausgefüllt, zu scharfer Endigung; am Hintersteven, der etwas schräg, wird das Steueruder angebracht; über diesem das Heck (Spiegel) übergebauet, woselbst die Hauptkajüte. Der Vordersteven endigt oben mit der Gallion (früher Schiffsschnabel), leicht übergebauete Spitze mit Verzierung.

Sämmtliche Fugen werden kalfatert, das ganze Schiff mit Anstrich versehen, die wichtigern aber, so weit sie im Wasser gehen (lebendiges Werk), mit Kupferbekleidung; hierselbst sind zum Verband wegen des Galvanismus nicht eiserne, sondern kupferne Bolzen, Nägel, Klammern zu verwenden; sonst hölzerne Nägel und im obern todten Werk eiserne Verbindungen.

Zum Entwurf des Schiffes wird ein Modell (Gabarit) gefertigt, das in verschiedenen Horizontal-Ebenen durchschnitten, ferner 3 Hauptzeichnungen: der Querschnitt durch die Hauptspanten, der Längenschnitt und der Grundriß der Wasselage. Danach werden im Plansaale auf einem Reißboden die Steven, Rippen und andere Krummhölzer in natürlichem Maafsstabe gezeichnet und die Schablonen zur Ausarbeitung entnommen.

Ausser dem Schiffsgebäude nebst dessen innerer Einrichtung ist außerordentlich kunstreich die Zurüstung, begreifend die Mast- und Segelbesetzung, während alles Uebrige zu Gebrauch und Dienst Ausrüstung heißt. Jene mit den Masten nebst zugehörigen Theilen, dem Tau- und Takelwerk und den Segeln, die sämmtlich zahlreich, sehr verschieden und mannigfaltig in Zweck, Benennung und prompter Handhabung. Das Schiff, abgesehen von den kleinern, hat 3 stehende Masten von Tannen- oder Kiefernholz, bis zum Kiel reichend: der Grofse Mast, der etwas aufer der Mitte nach hinten (auch nach hinten geneigt), vorn der Fockmast, hinten der Besahnmast, der kleinste; außerdem einen schrägen Mast, der Bugspriet, über dem Vordersteven hinausstehend, (kleiner). Der grofse Mast ist ca. $2\frac{1}{4}$ mal der größten Schiffsbreite hoch, die andern etwas kleiner, der Durchmesser je $\frac{1}{36}$ der Länge. Sie werden aber durch 2—3 übereinandergesetzte Stangen erhöht, so daß die ganze Höhe des Hauptmastes ca. 4 mal der größten Schiffsbreite. Sämmtliche sind durch stehende Taue und Stage vom Schiff aus gehalten; an ihnen sind die Segelstangen befestigt und beweglich mit vielfachem laufenden Tau- und Takelwerk; die Segelstangen sind besonders die großen horizontalen Raaen, deren größte fast 2 mal der Schiffsbreite lang. Endlich sind die Segel, von mehrfachen Formen, ihrerseits mit Leinen zu befestigen und zu bewegen.

Ein größtes Schiff hat ungefähr im Gebrauch:

40,000 Faden Tauwerk bis zu 6 Zoll Durchmesser,

1000 Blöcke und Takel,

40,000 □Fuß Segel

und halb so viel zur Reserve.

Als Ballast ist ca. $\frac{1}{10}$ des ganzen Schiffsgewichts nöthig, bei Kriegsschiffen in gusseisernen Blöcken auf den Kiel gelegt, zur gehörigen Einsenkung und Erniedrigung des Schwerpunkts.

Ein größeres Kriegsschiff hat 5 Anker und 2 leichte Wurferanker; jene sind: der tägliche Anker, der Teyanker, um das Schiff gegen Hin- und Hertreiben an 2 Anker zu legen, zu verteyen; der Pflichtanker zu weiter nöthiger Befestigung, ebenso der Buganker, endlich der Nothanker; der Pflichtanker wiegt bis 70 Centner. Jeder hat ein Ankertau von 120 Faden (Kabellänge), etwa doppelt so schwer als der Anker; nöthigenfalls werden deren 2 verknüpft. Das Pflichttau hat bis 9 Zoll Stärke. Anstatt der Ankertaue sind jetzt auch Ankerketten gebräuchlich.

Die größern Schiffe haben (endlich) 7 Boote am Bord.

Ein Linienschiff von 120 Kanonen kostet völlig ausgerüstet ca. $\frac{3}{4}$ Mill. Thlr.; der Bau eines Kriegsschiffes dauert 2—4 Jahre. Es ist 13 Jahre im Gebrauch bis zur ersten Hauptreparatur, dann 9 Jahre bis zur zweiten etc.; die Kupferbekleidung ist jedoch in 6—8 Jahren zu erneuern.

Wie erwähnt, geschieht fortschreitende Modification des Schiffsbaues in Construction, Anwendung von Dampfkrädern und Schraube, Größe. Die größten neuen Kriegsschiffe (der Wellington und Albert in England) haben 130 Kanonen, 60 Fuß Breite etc., von Holz, Schraube, größte Geschwindigkeit 4 Postmeilen per Stunde. Das größte Schiff der Welt ist der Great-Eastern, Transportschiff, (auf der Themse gebauet), 680 Fuß lang, 83 Fuß breit (incl. Räder 114 Fuß), Höhe vom Kiel bis Deck 60 Fuß, von Eisen, Rippen horizontal umlaufend, durch innere Wände in 12 isolirte Räume getheilt (bei Beschädigung etc.); Dampfmaschinen 7000 Pferdekraft mit Rädern 56 Fuß Durchm. und Schraube 24 Fuß Durchm., 7 Masten mit 60,000 □Fuß Segel; größte Geschwindigkeit 15—16 Seemeilen; Schiffsarbeit durch Dampfmaschinen, optischer Telegraph für das Schiff; ganzer Gehalt (Gewicht) 27,000 tons, wovon der größte Theil für Kohlenraum; soll die Fahrt nach Ostindien oder Australien in 30—35 Tagen machen und für hin und zurück Kohlen, Eisen, die ca. 20,000 £ kosten; 400 Mann Besatzung, 4000 Passagiere und 5000 tons Frachtgut.

Beim Bau des Schiffes auf dem Halling geneigt, das Hintertheil nach dem Wasser, ruhet der Kiel auf den Stapelblöcken, der Bauch überall auf einer Menge Stützen. Das Vom-Stapellaufen des noch unbelasteten Körpers geschieht demnächst gewöhnlich mit einem Schlitten; auf einer festen Bettung von Bohlen mit 2 Saumleisten, die entweder der Helling schon hat oder die zwischen und neben den Stapelblöcken hergestellt, werden zum Schlitten 2 Längsbalken parallel dem Kiel gelegt, unten dick mit Talg geschmiert, diese durch Riegel gegen den Kiel abgesteift und mit vielfach zickzack unten durchgeführtem Seil verbunden; darauf werden mehrfache Stützen gegen das Schiff gesetzt, befestigt und angetrieben, so daß die bisherigen Stützen und Stapelblöcke fortgenommen werden können und das Schiff auf dem Schlitten ruhet, nur bleiben einige untere Stützen und die Schlittenbalken durch oberes Seil gehalten. Indem nun letztere auf einmal gelöst, gleitet das Schiff mit dem Schlitten hinab in's Wasser und trennt sich schwimmend vom Schlitten, der wieder herausgezogen werden kann. Das Schiff wird demnächst auf dem Wasser

schwimmend fertig gebauet, mit Zu- und Ausrüstung versehen, die Masten mit Mastenrichter eingesetzt u. s. w.

Kleinere Schiffe werden häufig, anstatt des Schlittens, gleich auf einer festen Kielrinne gebauet, worauf dann der Kiel, geschmiert, abläuft, nachdem noch zu Seiten des Schiffes 2 Schlagbretter geschmiert angebracht, und die bisherigen Stützen fortgenommen worden. Oder auch man hat Stapelblöcke, zwischen denen dann behufs des Ablaufens Schmierkissen unter dem Kiel angebracht, und die Stapelblöcke entfernt werden.

Die Schiffsdocke, die besonders zur Reparatur der schweren Schiffe bestimmt, ist ein Behälter von der Grösse einer Schleusenkammer, aber nur an der einen schmalen Seite, gegen den Hafen, mit Thor versehen. Das Schiff wird schwimmend eingeführt, dann das Thor geschlossen und die Docke vom Wasser befreit; nach der Reparatur wird das Wasser wieder hinzugelassen, um bei geöffnetem Thor das Schiff schwimmend hinauszuführen. Diese Docke, also bestimmt zur Trockenlegung und nur für 1 Schiff geräumig (selten für 2 oder mehr), unterscheidet sich wesentlich vom Wasserdock, das zum Flotthalten einer grössern Anzahl Schiffe dient, doch hat sie dieselbe Tiefe. Die Schiffsdocke wird stets massiv erbauet und angemessen fundirt; stark und wasserdicht gegen den bedeutenden hydrostatischen Druck, ein vorzugsweise schwieriger Bau. Der innere Raum muß der Grösse des aufzunehmenden Schiffes entsprechen, nicht überflüssig weit sein, doch besonders nicht zu eng und so, daß um das Schiff herum überall Raum zur Reparatur sei, mindestens 2—3 Fuß. Bei verschiedener Grösse der Schiffe ist natürlich das grösste maßgebend; für kleine kann man zuweilen die Länge der Docke vermindern, indem mehrere Thore hintereinander angebracht werden, wovon dann das passende zu schliessen.

Die Mauern werden wie die sonstigen Hafenmauern und wohl noch weniger über den Wasserstand des Hafens erhöht, d. i. den höchsten oder constanten.

Die Sohle der Docke kommt 2 Fuß unter dem Tiefgang der Schiffe zu liegen; dieß jedoch nur auf 12 Fuß Breite, als s. g. Kielrinne; hierin werden 2 Fuß hohe Stapelblöcke gelegt, worauf sich der Kiel des Schiffes stellt und wozwischen man event. noch überall von unten zum Kiel gelangen kann. Von der Kielrinne an wird die innere Begrenzung durch Dockenbänke ca. 5—6 Fuß hoch und breit übereinander gebildet, vorn so modificirt, daß das Schiff passiren kann; von diesen Dockenbänken aus, die durch Treppen verbunden, wird das Schiff gestützt, die Reparatur vorgenommen etc.

Der vordere Verschluss der Docke kann durch ein Paar gewöhnliche Stemmthore geschehen, die entsprechend stark, und deren Drempel genauer nach der Form des Schiffes sein kann. Oder 2 Paar Thore, zur Reserve, oder um zwischen beiden einen mittlern Wasserstand zu halten; ferner Dampfpalze zur Abdämmung bei Reparatur der Thore etc., jedoch sind gewöhnliche Balken bei großer Weite nicht stark genug.

Fig. 51.

Fig. 50.

Vortheilhaft und gebräuchlich ist es, den Verschluss anstatt durch Thore durch ein Ponton zu bewirken; dieses, nach unten verjüngt, hat ringsherum 2 vorstehende Ränder, die in Nuthen des Mauerwerks passen; es wird schwimmend herbeigeführt und durch Belastung versenkt, dicht schließend; umgekehrt zu entfernen. Da Schliessen und Oeffnen hier nur selten wechseln, ist einige Umständlichkeit nicht nachtheilig, wichtiger sind Stärke und Wasserdichtigkeit, die ein Thor weniger hat. Vor dem Ponton wohl Dampfpalze oder 2 Pontons, ferner Thor davor, zur Reserve Ponton.

Günstig nun wäre, und dafür die Docke am angemessensten, wenn ein Fluthwechsel stattfände, der noch etwas gröfser als der Tiefgang der Schiffe, so dafs das Schiff bei der Fluth einzuführen, die Sohle über Ebbe liegend, also die Docke wieder wasserfrei wird, und nach geschlossenem Thor das noch durchdringende Wasser jedesmal bei der Ebbe wieder abfließt. Aber dies ist selten für grofse Kriegsschiffe möglich, vielmehr kömmt die Sohle unter die Ebbe zu liegen, und nachdem bei der ersten Ebbe das Thor geschlossen, mufs fortwährend Wasser geschöpft werden, um die Sohle frei zu halten, obgleich bei den künftigen Ebben weniger. Hierzu wohl Pumpen nebst Dampfmaschine, was die Anlagekosten vergrößert. Zum Füllen Umlauf. Um das Ausschöpfen zu umgehen und besonders wo nur wenig oder kein Fluthwechsel, ist folgende gröfsere Anlage vorgeschlagen, die auch in Sebastopol ausgeführt: Die Docke mit ihrer Sohle über dem

Fig. 57.

äufsern Wasserstand, ihre Mauern so hoch, dafs eine höhere Füllung zum Schwimmen gefafst wird; vor ihrem Thor aber eine Schleusenkammer mit äufserm Thor, die Umschließung mit der Docke gleich hoch, die Sohle um den Tiefgang unter dem äufsern Wasserstand. Das Schiff fährt nun in die Kammer, das äufsere Thor wird geschlossen, dann die Kammer und Docke gefüllt, so dafs das Schiff in die Docke schwimmt, welche demnächst wieder entleert wird. Um künftig das Schiff wieder herauszuführen, ist wieder zu füllen, das Schiff in die Kammer zu bringen und hier zu senken. Es wäre selbst das Thor zwischen Kammer und Docke entbehrlich. Die gedachte Füllung muss entweder mittelst Pumpwerk aus dem äufsern Wasser geschehen, oder besser durch Leitung eines höhern Binnenwassers.

Zur Kostenersparung sind, wie erwähnt, in neuer Zeit für die Schiffsreparatur verschiedene andere Dockeinrichtungen in Gebrauch gekommen, wobei nicht wie vorher das Wasser um das ruhende Schiff fortgeschafft, sondern das Schiff selbst aus dem Wasser gehoben wird, namentlich in Nordamerika, als:

das schwimmende Dock,

das hydraulische und das Schraubendock.

Fig. 58.

Das schwimmende Dock, wie ein solches jetzt auch in Danzig hergestellt, ist ein grofser hölzerner Behälter mit doppelten Wänden und Boden, wohl aus Theilen zusammenzusetzen, worin wasserdichte Kästen angebracht, die resp. mit Wasser zu füllen und zu entleeren sind, wodurch das Ganze in dem äufsern Wasser gesenkt oder gehoben wird. Das Füllen der Kästen geschieht durch Oeffnen von Hähnen, das Entleeren durch Pumpen mit Maschinen-Einrichtung. Der Boden (Plattform), der namentlich die gedachten Kästen trägt, wird so gesenkt, dafs das zu reparirende Schiff schwimmend aufgebracht, dann durch Aufklotzungen gestützt wird, und nun-

mehr damit das Schiff bis über Wasser gehoben. Später geschieht das Senken in umgekehrter Ordnung. Die Aufklotzungen mit Leitung werden unter Wasser regiert und angepaßt, durch Seile nebst Rollen vorn und hinten, nach dem Schiff oder den Wänden führend. Die Wände dienen zu Einfassung, Mechanismus und Gleichgewicht; selten ist das Ganze dicht geschlossen, die Einfahrt mit Thor oder Klappe, um den Raum über der Plattform auszuschöpfen, letztere unter dem äussern Wasser bleibend. Gewöhnlich, da die Dichtigkeit des Ganzen schwierig, geschieht diese Ausschöpfung nicht, und das Heben geschieht allein mittelst der Kästen; dann ist auch der Verschluss der Einfahrt nicht nöthig. Ja man könnte auch die Wände ganz fortlassen, nur die Plattform (selbst in Theilen) herstellen, zwischen 2 festen Pfahlwänden die Leitung geben; Mechanismus entsprechend. Das schwimmende Dock könnte nach beliebiger Stelle transportirt werden; es hat den Nachtheil des Schwankens, jedoch bei den zuletzt gedachten festen Pfählen weniger.

Das hydraulische und das Schraubendock haben wesentlich eine feste Plattform, die lothrecht zu heben und zu senken, worüber das Schiff gebracht und mittelst Aufklotzungen gestützt wird, wie vorher, doch ohne die Kästen, und ist nur der Mechanismus des Hebens und Senkens verschieden. Die Plattform hat durchgehende starke Querbalken, darauf die Klötze und Längenverband mit Belag, und ist an jeder Langseite durch eine feste doppelte Pfahlreihe mit Holm begrenzt.

Beim hydraulischen Dock, so genannt, weil die Bewegung mittelst hydraulischer Presse, hängt jedes Ende der Querbalken an einer starken Kette, die lothrecht über eine am Holm befestigte Rolle geht; auf jedem der 2 Holme gleitet, ohne Verbindung der Rollen, ein Schlitten, woran die Ketten befestigt, so daß beim Fortziehen der Schlitten die ganze Plattform gehoben wird. Das Ende der 2 Schlitten ist nun an dem Kolben einer entsprechenden hydraulischen Presse befestigt, deren sichere Anbringung und Befestigung vorzugsweise schwierig; der Kolbenhub gleich der Erhebung des Schlittens. Fig. 59.

Beim Schraubendock hängt jedes Ende der Querbalken direct an einer starken Schraubenspindel, wozu über dem Holm eine Mutter mit Getriebe; sämtliche Getriebe werden mit langer Wellenleitung etc. durch beliebige Kraft gedreht, und dadurch das Ganze gehoben; jedoch ist noch zuvor jedes Getriebe mit einem Vorgelege nebst Ausrückung versehen, um auch jeden einzelnen Querbalken zu heben, und eine gleichmässige Unterstützung des Schiffs herzustellen. Das Senken geschieht wieder in umgekehrter Ordnung. Fig. 60.

Ausser den beschriebenen Dockeinrichtungen werden die reparaturbedürftigen Schiffe mittelst Schlitten oder Schleppe aus dem Wasser auf die geneigte Ebene des Hellings gezogen; dazu ist jetzt Morton's Patentschleppe sehr gebräuchlich. Hier ist der Helling mit 3 hinabgehenden festen Eisenbahnsträngen versehen, darauf läuft der Schlitten, der aus 3 verbundenen Längenbalken mit unterer Rolle besteht, am obern Ende mit starker, nach einer Windevorrichtung führenden Kette. Auf den Längenbalken liegen Querbalken mit gut zu handhabenden Aufklotzungen, die ähnlich wie vorher. Um ein Schiff hinaufzuziehen, wird der Schlitten ins Wasser gelassen, das Schiff schwimmend aufgebracht, bis es den obersten Querbalken be-

rührt; dann hier gestützt, zieht man Schiff und Schlitten allmählig weiter, die Aufklotzungen vorsichtig nachstellend, endlich den Schlitten ganz hinauf. Das Hinablassen umgekehrt.

Signal-Einrichtungen.

Um den in die Häfen fahrenden Schiffen von fern Zeichen zu geben über Zeit, Fahrbahn, Tiefe, Lootsen etc., dienen verschiedentlich eingerichtete optische Telegraphen.

Außerdem sind zur Orientirung bei der Fahrt in den Hafen, wie auch längs der Küsten Merkmale nöthig, wozu bei Tage außer den sich vorfindenden Gebäuden, Kirchthürmen etc. noch besondere markirte Bauwerke, Baaken, hergestellt werden: in verschiedentlicher Form (Kreuz, Dreieck), leicht von Holz mit Latten benagelt, deutlich gestrichen. Bei Nacht aber die Leuchtfeuer, für mehr Gröfse die Leuchtthürme. Alle diese Merkmale, auch die kleinsten, sind den Seefahrern bekannt und dürfen nicht ohne zuvorige ausgebreitete Bekanntmachung verändert, fortgenommen oder vermehrt werden.

Die Leuchtthürme waren früher (im Alterthum) fast ausschließlich den Seehäfen zugehörig, jeder hatte einen solchen Thurm, oft von bedeutender Gröfse. Jetzt dienen sie aber auch für die weitere Fahrt nach und längs den Küsten, wodurch ihr Zweck viel ausgedehnter und wichtiger. So kann man jetzt 3 Arten von ihnen unterscheiden: Die grössten sind gewöhnlich nicht an den Häfen errichtet, sondern einzeln an den Küsten, oft weit vortretend, auf Inseln oder im Meere, um in weiter Entfernung die Küste bemerkbar zu machen mit ihrer Gefährlichkeit (Klippen, Untiefen). Die zweite Art kleiner, zwischen jenen, um bei weiterer Annäherung durch Gruppierung, Lichtverschiedenheit etc. Richtung zu geben; endlich die dritte, nur Leuchtfeuer, am Hafeneingang, um diesen sicher zu erreichen. Nur wo gerade gefahrfreie Küste, da grofse Leuchtthürme an den Häfen. So sind die Küsten Frankreichs in ihrer ganzen Länge beleuchtet, nach genauem System, von Ludwig XV. her; dazu im Kanal 77 Feuer, Ocean 51, mittelländischem Meer 28, Summa 156, kosten 10 $\frac{2}{3}$ Mill. Francs.

Namentlich die ersten, im Meere, sind hinsichtlich Festigkeit des Baues gegen den Angriff die schwierigsten aller Bauwerke; schwieriger als die berühmten Leuchtthürme des Alterthums, wenn auch nicht so colossal.

Diese sollen 5—6 geogr. Meilen leuchten (wozu Höhe und Stärke des Lichts), die zweite etwa 2—4 Meilen, die dritte bis 2 Meilen, jedoch nur bei hellem Wetter, bei Nebel nur $\frac{1}{4}$ Meile (Läuten).

Die Beleuchtung selbst ist jetzt als am besten gebräuchlich nach dem optischen Princip von Fresnel: 1 starke Argant'sche Lampe mit 1—4 concentrirten Dochten (zu je 2—6 Meilen leuchtend), diese umgeben oben und unten mit mehreren ringförmigen Glasprismen übereinander, entsprechend dioptrisch angeordnet. Zum weiten

Leuchten, ausser der Lichtstärke, natürlich die Höhe, die nach der Erdrundung nebst Strahlenbrechung zu berechnen. Die höchsten Thürme sind zu Barra-Head (Schottland), 146 $\frac{3}{4}$ Meter und zu La Hève (Frankreich), 136 Meter über der See. Bei allen hat man überdem 3 Beleuchtungsarten, mit ekliptischem Drehfeuer, mit periodischem Licht und mit festem Licht. Hierdurch und wohl durch verschiedene Farbe ist große Mannigfaltigkeit behufs der Orientirung möglich. Das feste Licht der großen Thürme ist nicht stärker als 400 Argant'sche Lampen und leuchtet höchstens 5 Meilen; das von Minute zu Minute ekliptische Feuer leuchtet (plötzlich) am stärksten, bis 4000 Argant'sche Lampen, ist bis 9 Meilen sichtbar, aber um so kürzer (4—5 Sekunden) je weiter man ist.

Die dem Angriff des Meeres und Windes ausgesetzten Thürme erhalten am besten die runde Form; nach Fresnel soll der Druck des Windes pro maximo auf 1 □ Meter normal = 275 Kil. sein (? sehr viel), auf einen Cylinder aber nur $\frac{2}{3}$ von dem der Fläche, die gleich dem Durchmesser breit; verhältnissmässig geringer Durchmesser (Widerstand), jedoch grosse fest verbundene Steine; im Innern wenig Raum, nur kleine Wohn- und Vorrathsräume und Treppe. Oben Laterne aus Eisengestell und starkem Glase (Seeigel); Licht durch Kohlenfeuer, Oel, Kerzen, Gas; wohl geheizt, damit Oel und Glas nicht frieren.

Ein früheres berühmtes Beispiel ist der Leuchthurm zu Edystone, 10 Meilen Fig. 61. von Plymouth, auf einer Felsklippe im Meere, zur Bezeichnung der hier befindlichen Felsen, von Smeaton 1756—59 erbauet. Vorher hatte ein steinerner Thurm seit 1700 bestanden, der 1703 von der Fluth fortgerissen, dann ein hölzerner seit 1709, der 1755 abbrannte; an jedem war ebenfalls 3 Jahr gebauet. Man wollte nicht wieder einen steinernen wagen, den indessen Smeaton solide ausgeführt. Nicht große Masse, aber die Steine durch Verschränkung und Verdübbelung nach allen Fig. 62. Richtungen auf's Sorgfältigste verbunden, so dass gegen die Angriffe ein möglichst zusammenhängendes Ganzes.

Das jetzt berühmteste Beispiel ist der Leuchthurm von Bréhat, 5000 Meter vor Fig. 63. dem nördlichsten Vorgebirge der Bretagne (fast Edystone gegenüber), auf einem Porphyrfelsen im Meere (überschwemmt), 1835—39 erbauet, Kosten $\frac{1}{2}$ Mill. Francs. 4,2 M. innerer Durchmesser, 47 M. Höhe vom Fuß bis zur Laterne; 2 Theile, unterer unten 13,7 M. Durchmesser, oben 8 M. Durchmesser; der obere Theil unten 1,3 M., oben 0,85 M. Mauerstärke. Im Innern 8 Geschosse, überwölbt, Wendeltreppe an einer Seite. Von Granit; kein Stein (außer den Gewölben etc.) unter 1000 Kil., Anzahl 10,000. Nicht die Verschränkungen und Eisen wie Edystone, sondern nur Dübbel von Stein und Verbindung der Steine einer Ebbe (um schneller aus dem Angriff zu kommen); außerdem großes Gewicht, runde Form, dichte volle Fugen und glatte Aussenflächen (in Fugen dringt das Wasser keilförmig, rauh giebt Widerstand), sonach beim Gewicht des Ganzen stabil.

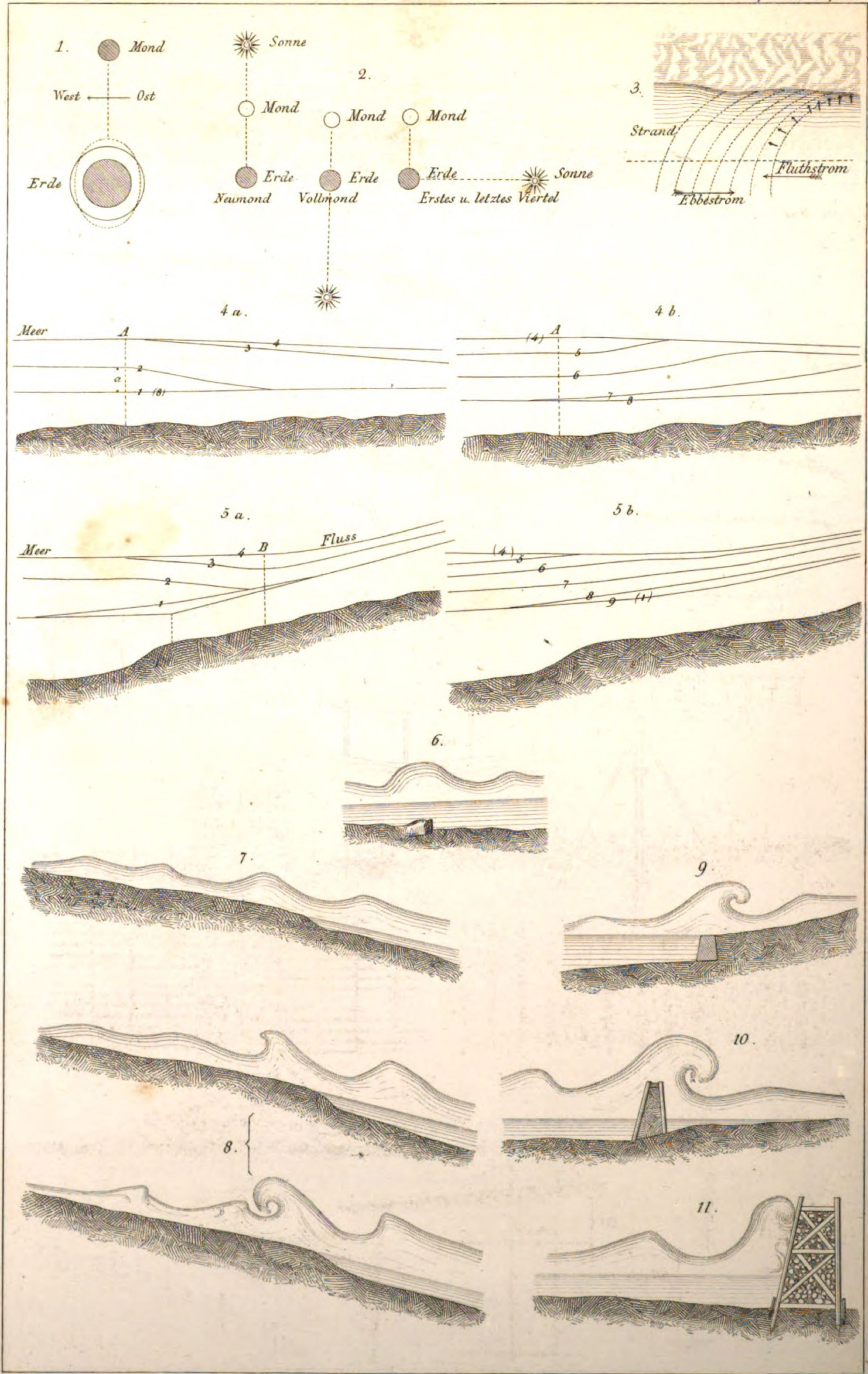
Ebenso wichtig wie die Solidität ist zu solchem Bau die Disposition der Ausführung; Werkplatz an der nahen Küste, wo Alles bearbeitet, nach der Fluth abgefahren, Krahne etc.; Unterbringen der Arbeiter. Der Theil jeder Ebbe befestigt.

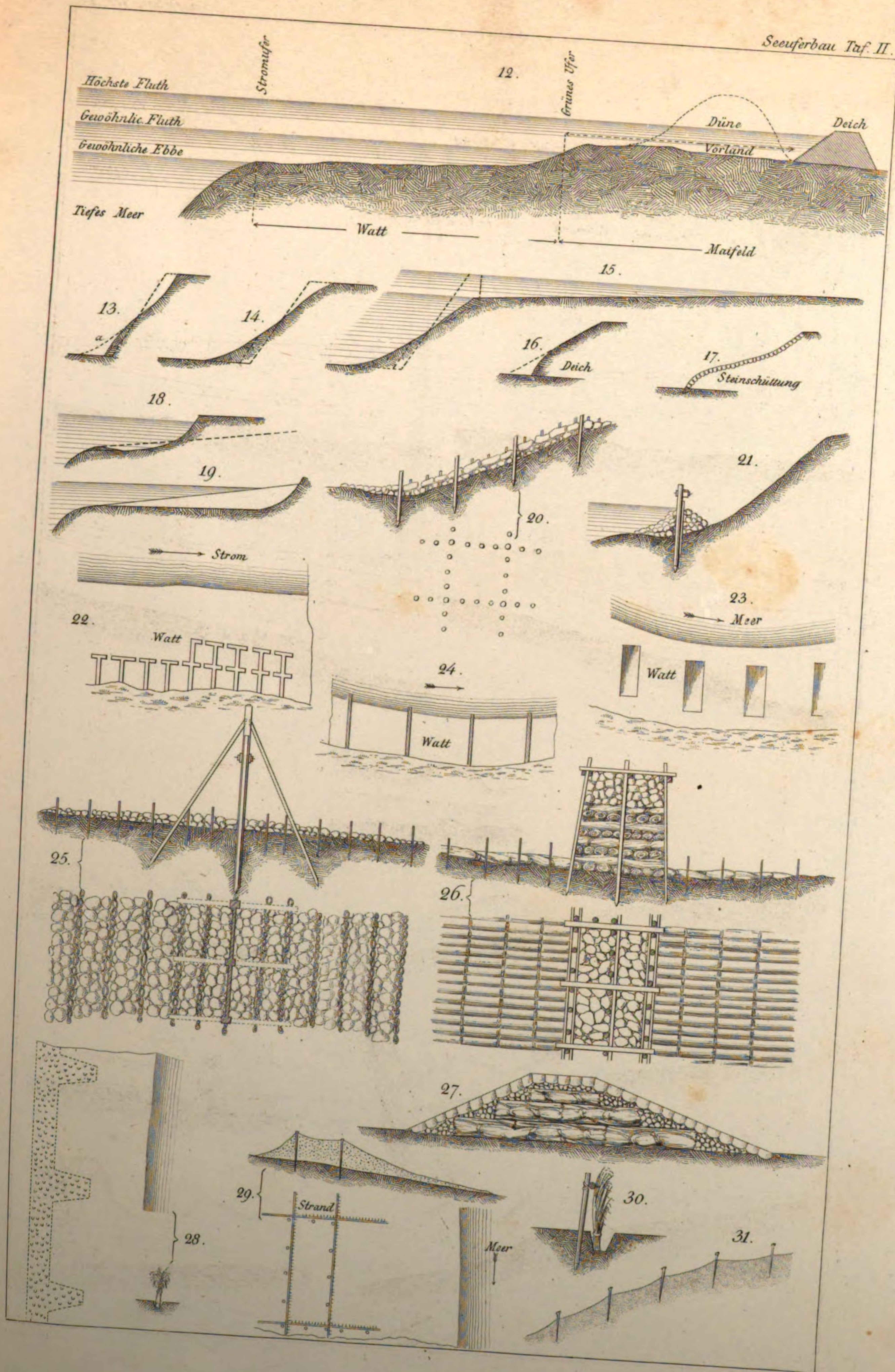
Kleinere Thürme wohl ganz von Eisen, z. B. Swinemünde und Neufahrwasser (Baake genannt).

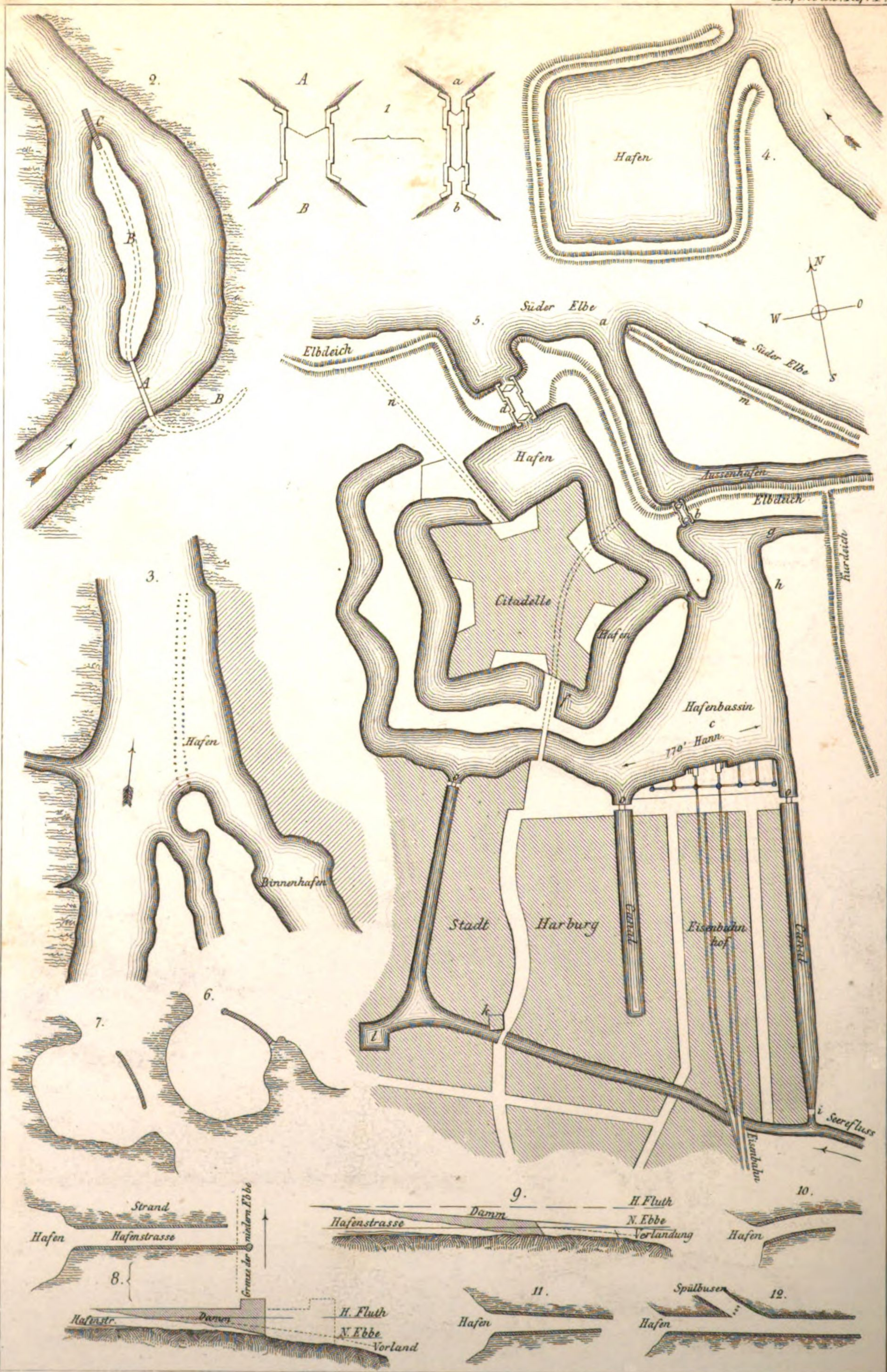
Auf hohen wasserfreien Stellen der Küste genügen die offenen Leuchtfeuer, z. B. Fig. 61, ein erhöhtes hölzernes Gestell mit Baum, der durch Winde niederzulassen, oben ein Becken mit offenem Kohlenfeuer trägt.

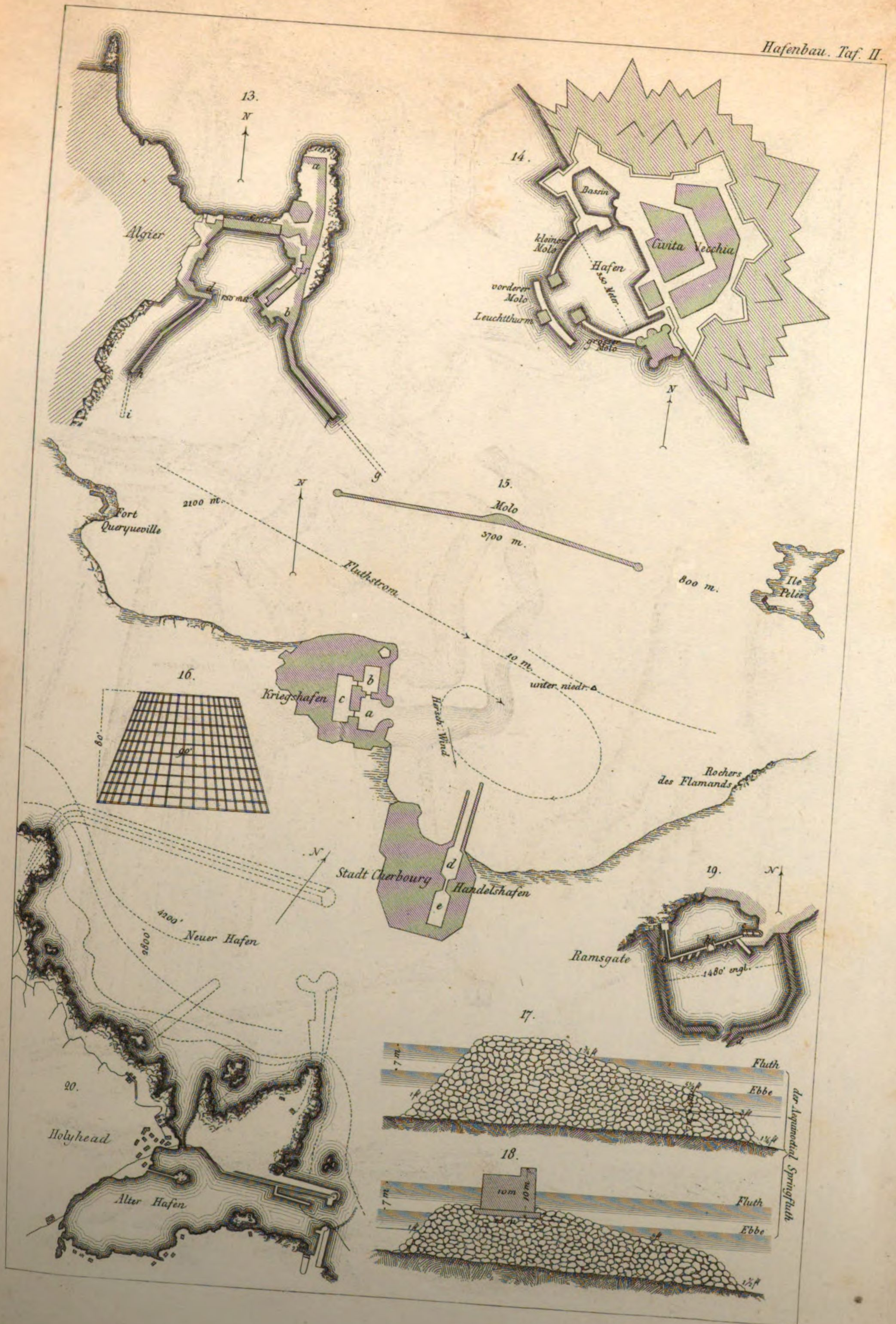
Endlich in weiten Flußmündungen Lichtschiff nahe der Fahrstrasse.

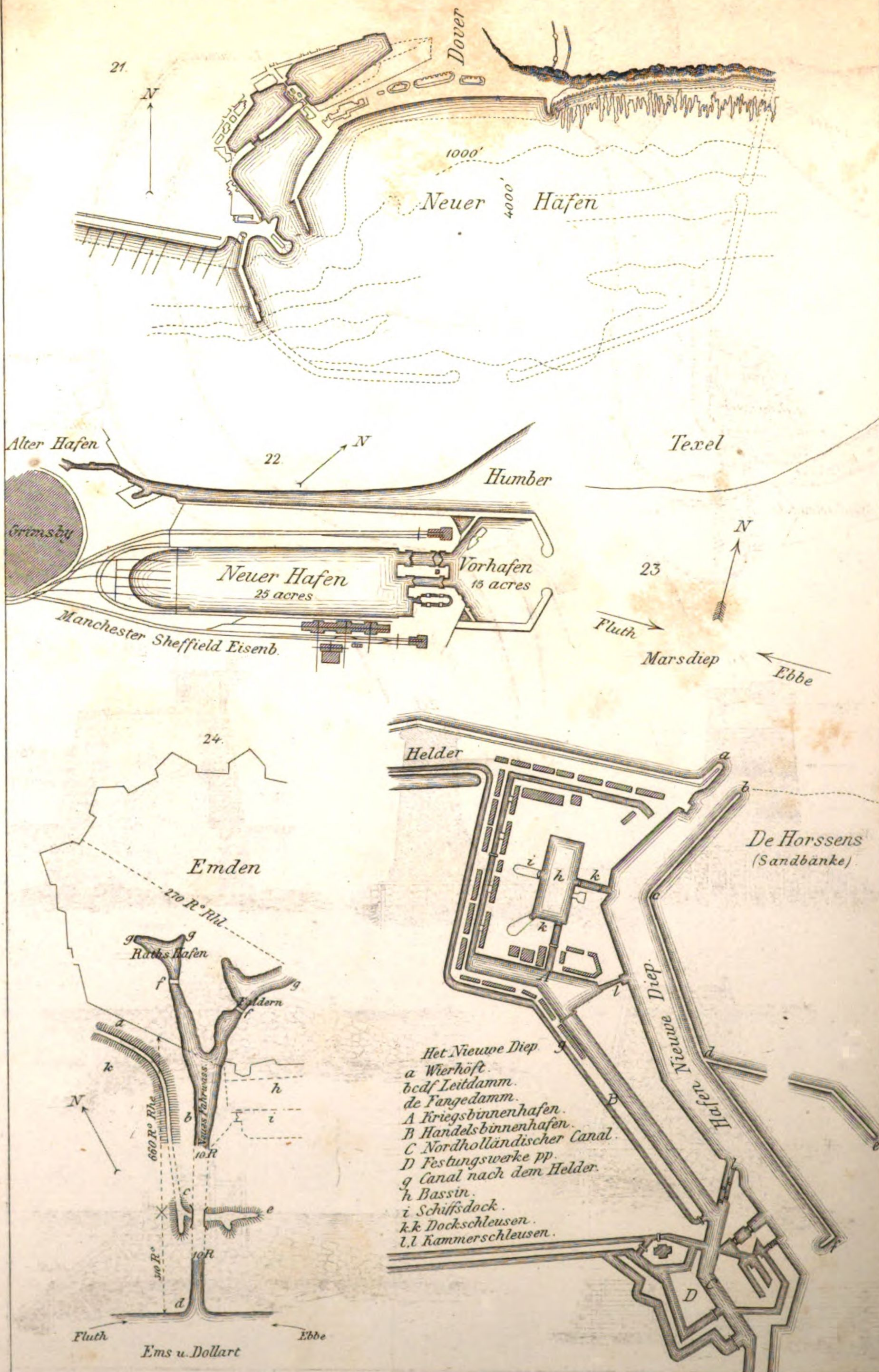


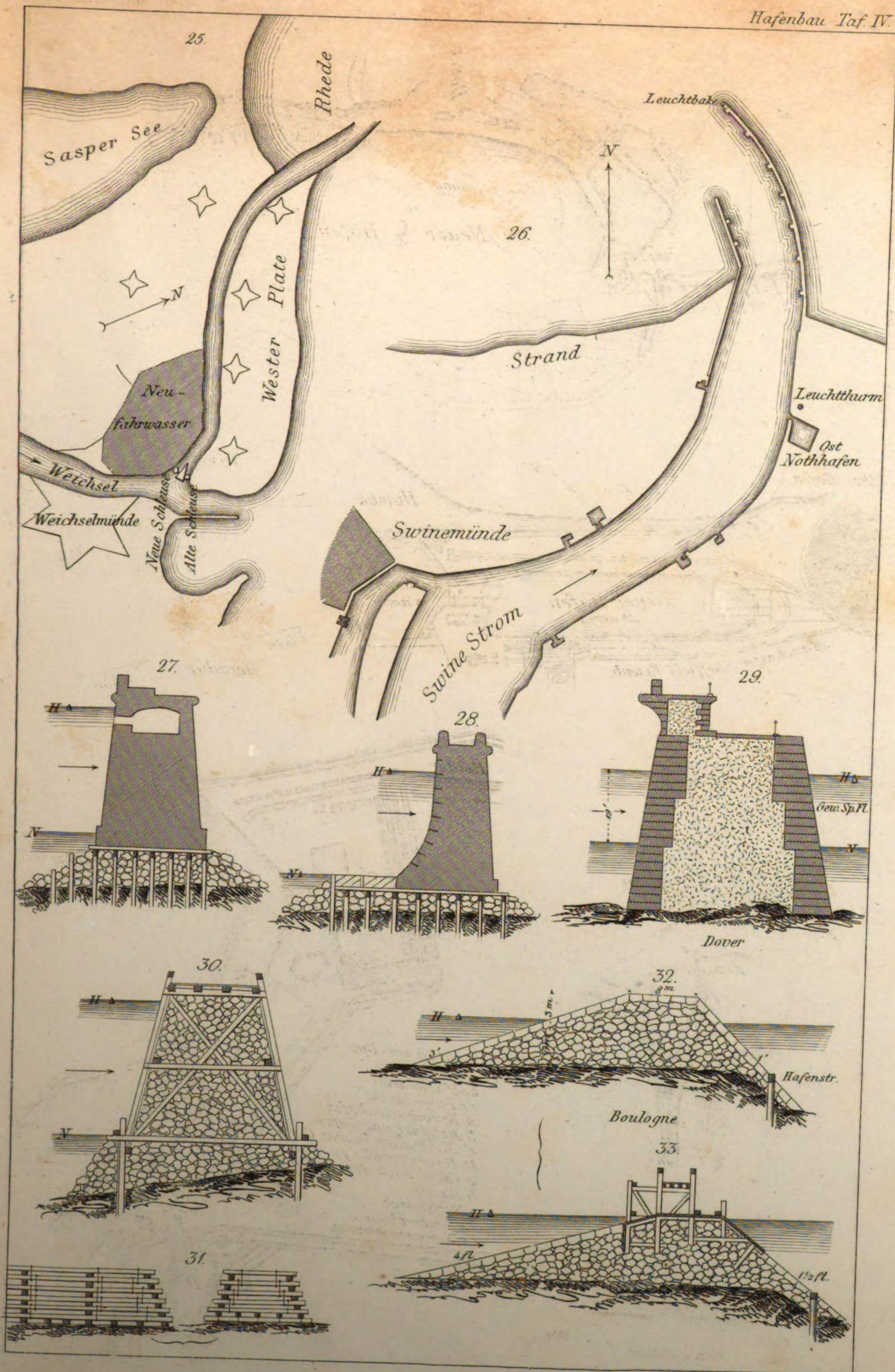


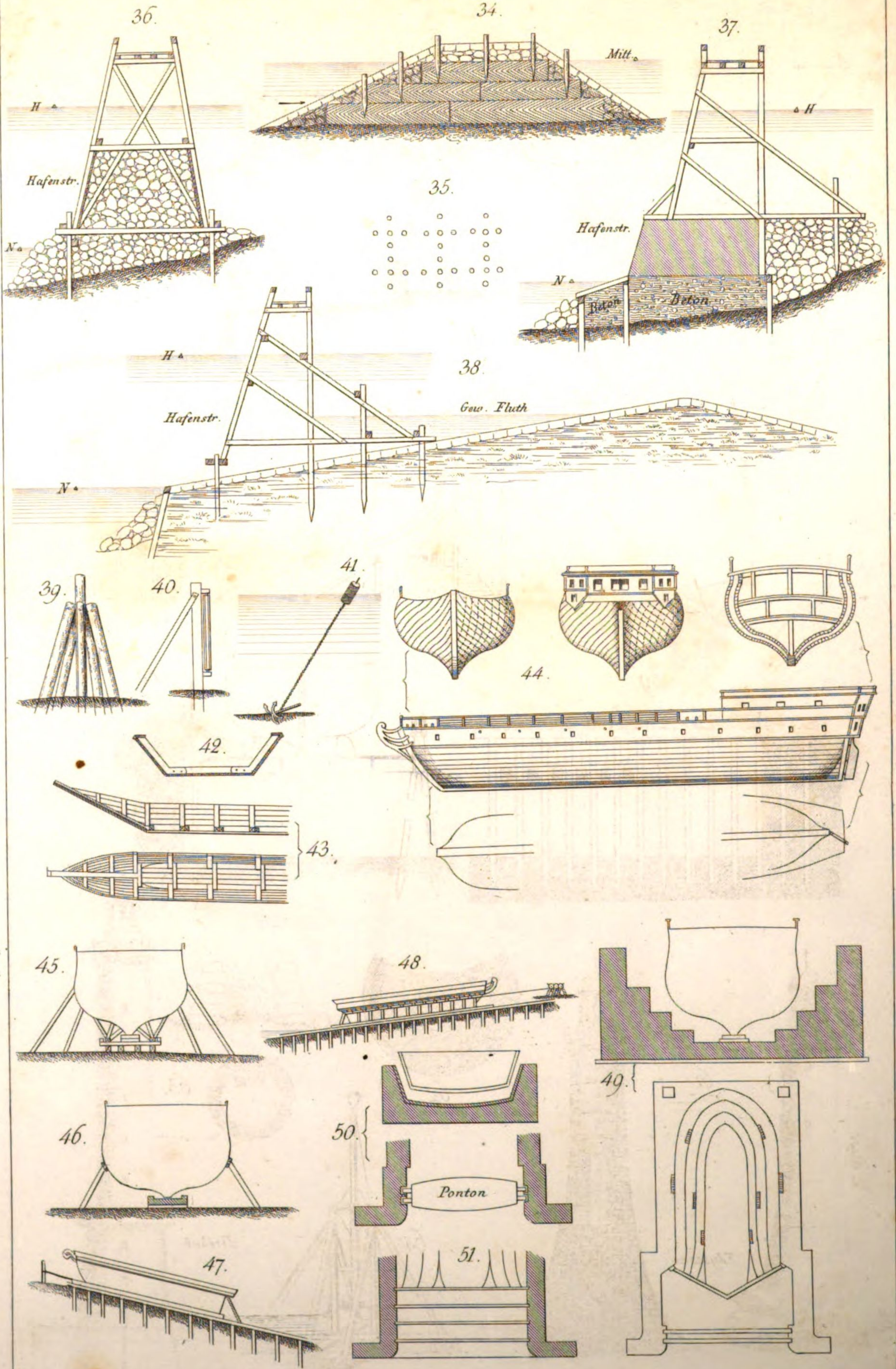


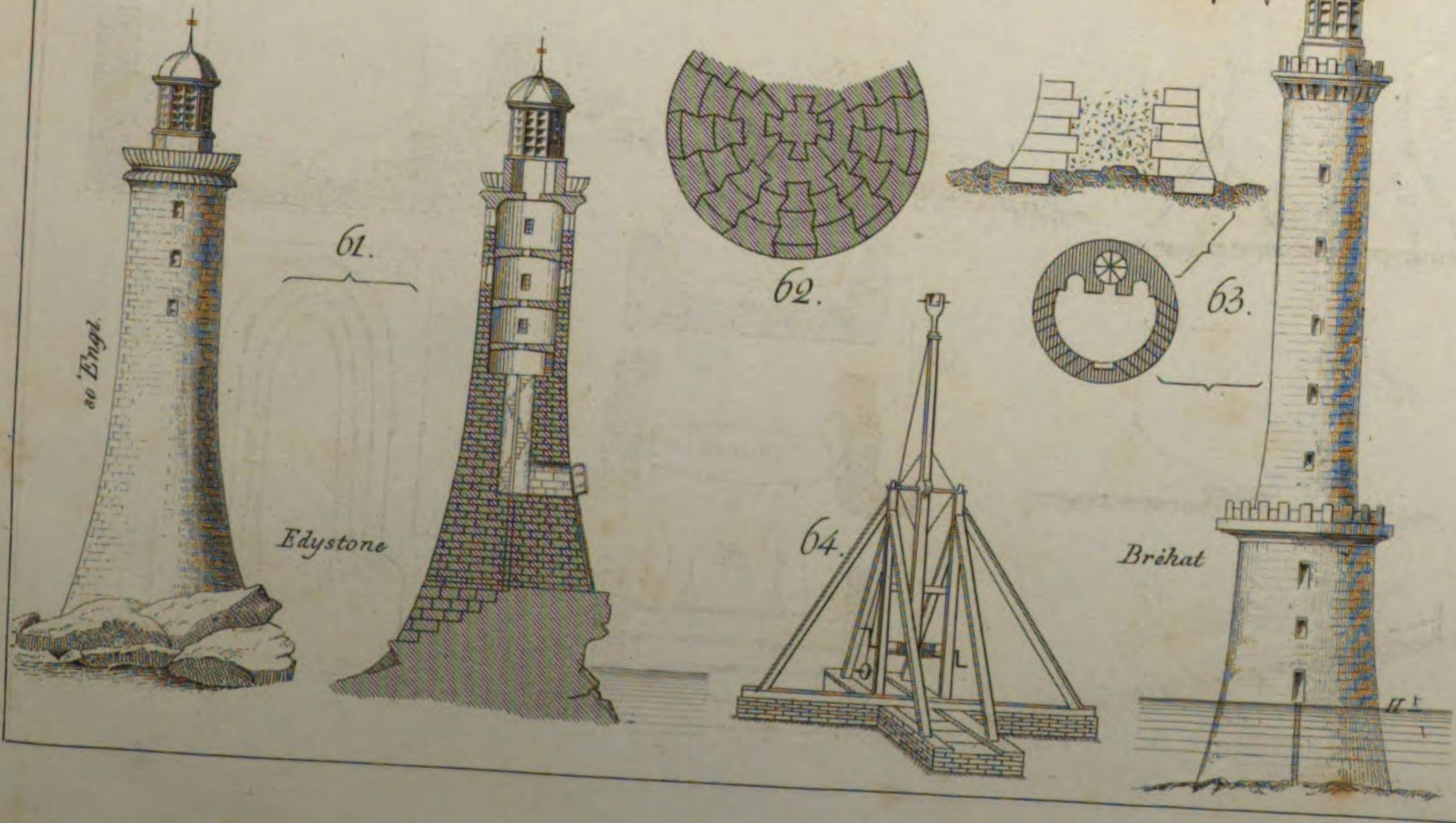
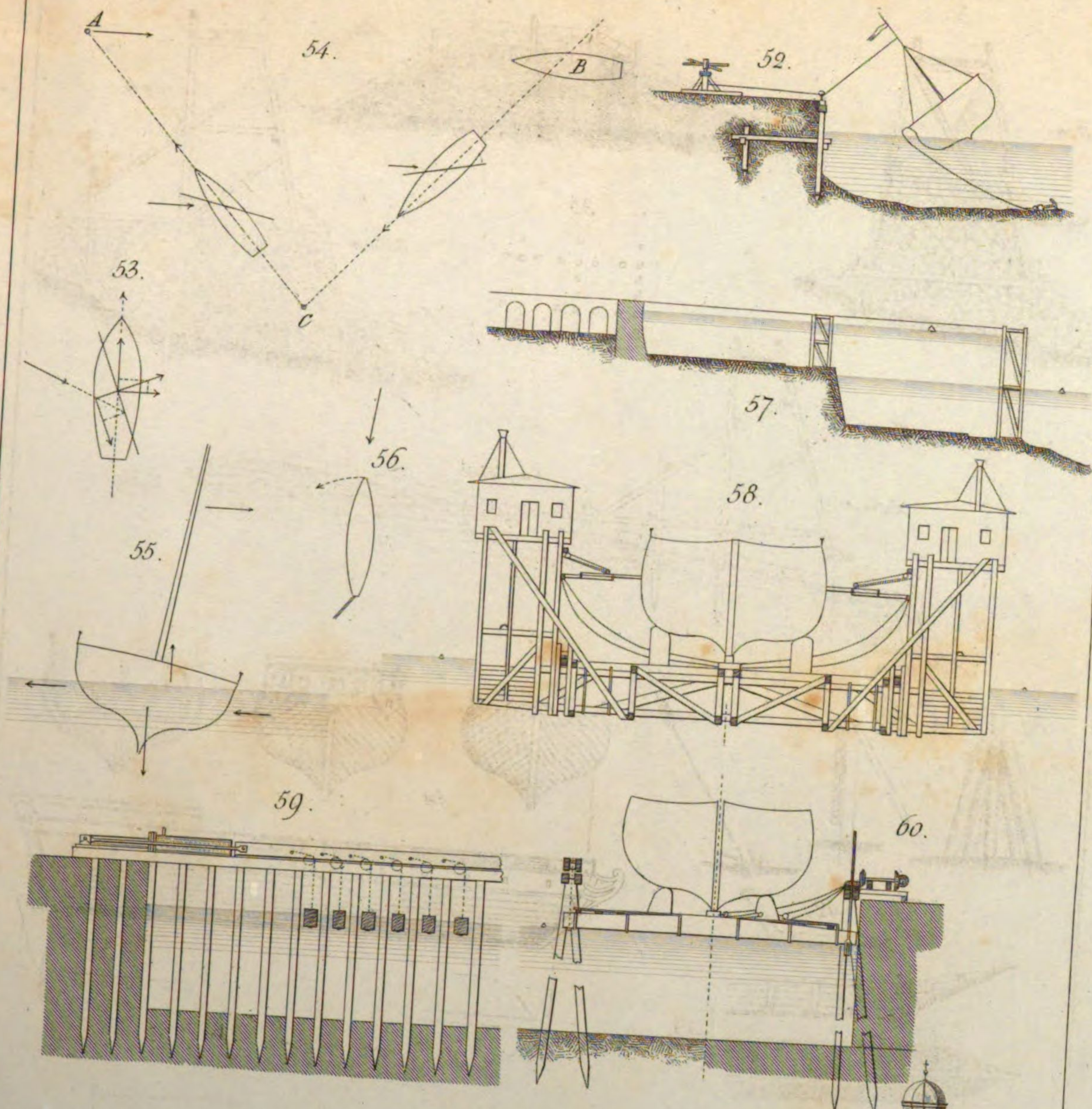














In unserm Verlage erschien soeben:

Lehrbuch
der
Eisen-Konstruktionen
mit besonderer Anwendung auf den Hochbau.

Ein Leitfaden
zum praktischen Gebrauch und zu Vorlesungen an technischen Lehranstalten.

Bearbeitet und herausgegeben

von

E. Brandt,

Baumeister und Docent an der Königl. Bau-Akademie zu Berlin.

Mit 1175 Holzschnitten und 4 Kupfertafeln.

gr. 8°. geh. 5 $\frac{2}{3}$ Thlr.

Bei der ausgebreiteten Anwendung des Eisens fast zu allen Konstruktionen des Hochbaues ist es schon lange als ein fühlbares Bedürfnis erkannt worden, ein geeignetes Hülfsbuch zu besitzen, welches dem Bautechniker alle hierher gehörigen Verbindungen, Formeln und Tabellen in systematischer Darstellung an die Hand giebt. Es ist Thatsache, daß die in dieser Richtung hin vorhandenen Lehrmittel vielfache Lücken erkennen lassen, so daß sie nur in unzureichendem Maasse ihrer Aufgabe genügen.

Der Herr Verfasser dieses Lehrbuches hat daher den Versuch gemacht, diesen Gegenstand einer sorgfältigen Bearbeitung zu unterziehen, zerstreute Notizen und Fragmente mit zahlreichen Zusätzen und Erläuterungen zu versehen und das ganze reiche Material zu einem organischen Ganzen zu gestalten.

Der Inhalt des Werkes zerfällt in sieben Kapitel, von denen die beiden ersten in wissenschaftlichem Zusammenhange die eisernen Träger und ihre Anwendung bei den Konstruktionen des Hochbaues behandeln. Im dritten Kapitel ist die Konstruktion der Decken, im vierten die der eisernen Dächer und im fünften die statische Berechnung derselben speciell durchgeführt. In den beiden letzten Kapiteln sind die Treppen und Balkons, vorzugsweise im Detail, erörtert.

Berlin, im März 1865.

Ernst & Korn.

Peter Greiner
Buchbinderei
München

Schwarz, F.

Übersicht der Constructionen des Wasser-, Brücken-, Strassen- und
Eisenbahnbaues Erster Abschnitt

Bd.: 6/7

Berlin 1865

4 A.hydr. 80 i-6/7

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10048834-7